

ANNALEN



DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

---

DRITTE REIHE.

---

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

---

ZWANZIGSTER BAND

---

NEBST SECHS KUPFERTAFELN.

---

LEIPZIG, 1850.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIOUS BARTH.



ANNALS

P. H. Y. S. I. K.

C. H. E. M. I. E.

PHYSICAL

A. C. PHYSICAL

PHYSICAL

PHYSICAL

PHYSICAL

PHYSICAL

**ANNALEN**  
**DER**  
**PHYSIK UND CHEMIE.**

---

**BAND LXXX.**

LEIPZIG: 1843.

ANNALEN  
DER  
PHYSIK UND CHEMIE

BAND LXX



**ANNALEN**  
**DER**  
**P H Y S I K**  
**UND**  
**C H E M I E.**

---

**HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN**

**VON**

**J. C. POGGENDORFF.**

**ACHTZIGSTER BAND.**

**DER GANZEN FOLGE HUNDERT SECHS UND FUNFZIGSTER.**

---

**NEBST SECHS KUPFERTAFELN.**

---

**LEIPZIG, 1850.**

**VERLAG VON JOHANN AMBROSIOUS BARTH.**

ANNALS

OF

P H Y S I C S

AND

C H E M I S T R Y

NEW YORK: J. C. FOGGENDORFF,

1856.

J. C. FOGGENDORFF,

REGISTERED TRADE

MARK FOR THE BOOKS OF J. C. FOGGENDORFF.

PRINTED BY J. C. FOGGENDORFF,

1856. 1856.

NEW YORK: J. C. FOGGENDORFF,

## I n h a l t

des Bandes LXXX der Annalen der Physik und Chemie.

### Erstes Stück.

	Seite
I. Ueber die Bewegung der Flüssigkeiten; von G. Magnus. . . . .	1
II. Ueber die Härte der Mineralien und ein neues Verfahren dieselbe zu messen; von R. Franz. . . . .	37
III. Ueber die Ausdehnung des Quecksilbers durch die Wärme; von H. Militzer. . . . .	55
IV. Ueber die quantitative Bestimmung der unorganischen Bestand- theile in den organischen Substanzen; von H. Rose. . . . .	94
V. Ueber das Vorkommen der Bernsteinsäure im menschlichen Kör- per; von W. Heintz. . . . .	114
VI. Ueber die Pseudomorphosen des Glimmers nach Feldspath und die regelmäßige Verwachsung des Feldspaths mit Albit; von G. Rose. . . . .	121

## VI

	Seite
VII. Untersuchung der specifischen Eigenschaften der beiden Säuren, aus denen die Traubensäure besteht; von L. Pasteur. . . . .	127
VIII. Dritte Notiz über neue, sonderbare Anwendungen des Verweilens der Eindrücke auf die Netzhaut; von J. Plateau. . . . .	150
IX. Untersuchung über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektrizität; von H. Fizeau und E. Gounelle. . . . .	158
X. Ueber die Geschwindigkeit des elektrischen Stroms in einer metallischen Leitung; von O. M. Mitchel. . . . .	161
XI. Ueber thermo-elektrische Erscheinungen an gleichartigen Metallen; von F. C. Henrici. . . . .	167
XII. Ueber die thermischen Eigenschaften des Turmalins; von H. de Senarmont. . . . .	175
XIII. Kräftige Stahlmagnete von W. M. Logeman. . . . .	175
(Geschlossen am 12. Juni 1850.)	

## Zweites Stück.

I. Ueber die physikalischen Eigenschaften des Eises und deren Zusammenhang mit den vorzüglichsten Phänomenen der Gletscher; von H. Schlagintweit. . . . .	177
II. Ueber den elektrischen Entladungsstrom in einem dauernd unterbrochenen Schließungsbogen; von P. Riefs. . . . .	214
III. Abänderung der Laplace'schen Barometerformel; von Babinet. . . . .	224
IV. Berichtigung der von Rudberg berechneten Axenwinkel der zweiaxigen Krystalle; von E. Vilde. . . . .	225
V. Ueber nothwendig scheinende Ergänzungen der Beobachtungen über die Bodentemperatur in Sibirien; von Baer. . . . .	242
VI. Ueber einige Eigenschaften der Borsaure und die quantitative Bestimmung derselben; von H. Rose. . . . .	262

## VII

Seite

VII. Untersuchung nordamerikanischer Mineralien (Nemalit, Orthit, schwarzes Kupferoxyd); von C. Rammelsberg. . . . .	284
VIII. Vierte Notiz über neue, sonderbare Anwendungen des Verweilens der Eindrücke auf die Netzhaut; von J. Plateau. . . . .	287
IX. Ueber ein neues Polarisirkop; von H. de Senarmont. . . . .	293
X. Bemerkungen über die Volume und die Dichtigkeiten flüssiger und gasiger Körper; von J. A. Groshans. . . . .	296
XI. Ueber die Extreme der Kälte, welche im Jahre 1850 auf den preussischen Stationen beobachtet wurden; von H. W. Dove. . . . .	303
XII. Ueber die Hagelbildung; von J. Löwe. . . . .	305
XIII. Ueber den Talkspath; von A. Breithaupt. . . . .	313
XIV. Ueber den Aigirin; von Demselben. . . . .	314
XV. Der Ferdinandsbrunnen zu Marienbad. . . . .	317
(Geschlossen am 5. Juli 1850.)	

### Drittes Stück.

I. Ueber das Eindringen des Elektromagnetismus in weiches Eisen und über den Sättigungspunkt desselben; von O. v. Feilitzsch. . . . .	321
II. Ueber Stibäthyl, ein neues antimonhaltiges organisches Radical; von C. Löwig und E. Schweizer. . . . .	338
III. Ueber die Entladung der Franklin'schen Batterie; von P. Riefa. . . . .	349
IV. Beschreibung des seit 1845 zu Sans-Souci aufgestellten Regen- und Windmessers; construirt von Legeler. . . . .	364
V. Ueber die Leitkraft der Erde für Elektricität; von A. Baumgartner. . . . .	374
VI. Weitere Versuche über den elektrischen Leitungswiderstand der Erde; von Demselben. . . . .	381
VII. Enargit, ein neues Mineral aus der Ordnung der Glanze; von A. Breithaupt und C. F. Plattner. . . . .	383

# VIII

	Seite
VIII. Carminspath, ein neues Mineral aus der Ordnung der Arseniate; von F. Sandberger. . . . .	391
IX. Untersuchung einiger Mineralien (Dechenit, Gelbbleierz und arseniksaures Blei von Azulaques); von C. Bergemann. . . . .	393
X. Ueber die Anwendung der Kieselfluorwasserstoffsäure bei quantitativen Analysen; von H. Rose. . . . .	403
XI. Ueber die Unhaltbarkeit der bisherigen Theorie der Newton'schen Farbenringe; von E. Wilde. . . . .	407
XII. Ueber Sternschnuppenbeobachtungen; von J. F. J. Schmidt. . . . .	422
XIII. Verbesserte Darstellungsweise der Fumarsäure; von W. Delffs. . . . .	435
XIV. Leichte Darstellung des Hellenins; von Demselben. . . . .	440
XV. Analyse verschiedener Kohleneisensteine aus der Steinkohlenablagerung an der Ruhr; von Schnabel. . . . .	441
XVI. Ueber das Binocularsehen prismatischer Farben und eine neue stereoskopische Methode von H. W. Dove. . . . .	446
(Geschlossen am 27. Juli 1850.)	

## Viertes Stück.

I. Ueber die Zusammensetzung des Turmalins, verglichen mit derjenigen des Glimmers und Feldspaths, und über die Ursache der Isomorphie ungleichartiger Verbindungen; von C. Rammelsberg. . . . .	449
II. Anziehende Wirkung der Elektromagnete; von J. Dub. . . . .	494
III. Ueber die Thätigkeit der meteorologischen Stationen in Georgien. Aus einem Briefe an den Fürsten Woronzow und aus Briefen an HH. L. v. Buch und A. v. Humboldt; von H. Abich. . . . .	520
IV. Ueber die quantitative Bestimmung der Oxalsäure und über die Trennung derselben von der Phosphorsäure; von H. Rose. . . . .	549
V. Ueber die Oberflächen- und Körperfarben des Andersonits, einer Verbindung von Jod und Codein; von W. Haidinger. . . . .	553

# IX

Seite

VI. Ueber die Auflösung flüssiger Cylinder in Tropfen; von G. Hagen. . . . .	559
VII. Ueber die Gränze der Stabilität eines flüssigen Cylinders; von J. Plateau. . . . .	566
VIII. Versuche, um zu erfahren, ob das Wasser beim Maximum seiner Dichte oder nahe bei seinem Gefrierpunkt eine Wirkung auf polarisirtes Licht ausübe; von Biot. . . . .	570
IX. Entgegnung auf die Bemerkung des Hrn. Riefs; von K. W. Knochenhauer. . . . .	575
X. Ueber den Leuchtenbergit; von A. Breithaupt. . . . .	577
XI. Ueber Höhenbestimmungen durch den Siedpunkt des Wassers; von V. Regnault. . . . .	578
XII. Notiz über Höhenmessungen mit dem Barometer; von Kupffer. . . . .	579
Anzeige. . . . .	580

(Geschlossen am 29. September 1850.)

## Nachweis zu den Kupfertafeln.

Taf. I. — Magnus, Fig. 1 und 2, S. 3; Fig. 3, S. 4; Fig. 4, S. 6; Fig. 5, S. 7; Fig. 6 und 7, S. 8; Fig. 8, S. 9; Fig. 9, S. 11; Fig. 10, S. 14; Fig. 11, S. 20; Fig. 12, S. 22; Fig. 13, S. 32; Fig. 14, S. 34.

Taf. II. — Franz, Fig. 1, S. 38; Fig. 2, S. 39; Fig. 3 und 4, S. 54; Fig. 5, S. 55. — Pasteur, Fig. 6 und 7, S. 129; Fig. 8, S. 132; Fig. 9, S. 136; Fig. 10 und 11, S. 143; Fig. 12 und 13, S. 144; Fig. 14 und 15, S. 146. — Henrici, Fig. 16, S. 168; Fig. 17, S. 169; Fig. 18, S. 170. — Senarmont, Fig. 19, S. 293. — Plateau, Fig. 20, S. 288, Fig. 21, S. 289.

Taf. III. — H. Schlagintweit, S. 177—214. Erläuterungen auf der Tafel selbst.

Taf. IV. — Wilde, Fig. 1, S. 226; Fig. 2, S. 229; Fig. 3, S. 234; Fig. 4, S. 417. — Riefs, Fig. 5, S. 351; Fig. 6 und 7, S. 357; — Legeler, Fig. 8 und 9, S. 364; Fig. 10, S. 368. — Biot, Fig. 11, S. 572. — Duhamel, Fig. 12—16 (Zu einem im nächsten Bande erscheinenden Aufsatz). — Haidinger, Fig. 17, S. 554; Fig. 18, S. 556; Fig. 19, S. 557.

Taf. V. — v. Feilitzsch Fig. 1, S. 327. — Dub, Fig. 2, S. 495.

Taf. VI. — Abich, S. 521.

## Berichtigungen.

### Zum Aufsatz von Henrici, Heft V.

- S. 167 Zeile 9 v. u. »und« soll heißen »um«
- S. 168 Zeile 14 v. o. »und« soll heißen »um«
- S. 169 Zeile 6 v. u. »den« muß wegfallen
- S. 170 Zeile 22 v. o. »Unregelmäßigkeit« s. h. »Ungleichmäßigkeit«
- S. 172 Zeile 7 v. u. »zerstört« soll heißen »gestört«.

### Zum Aufsatz von Dub, Heft VIII.

- S. 495 ist der Hinweis auf die Abbildung des Apparats, Fig. 5. Taf. V. vergessen.



---

I. *Ueber die Bewegung der Flüssigkeiten;*  
*von G. Magnus<sup>1)</sup>.*

---

1. **W**iewohl das Gebiet der Physik durch die experimentellen Untersuchungen, welche von den verschiedensten Seiten unternommen werden, sich täglich erweitert, so ist doch das, was wir bis jetzt von der Bewegung der Flüssigkeiten wissen, noch sehr mangelhaft und es fehlt fast ganz an Untersuchungen, die dazu dienen könnten, unsere Kenntniß von diesen Erscheinungen zu erweitern. Offenbar hat dieß seinen Grund nicht darin, daß es an Interesse für dieselben fehlt, denn was kann interessanter seyn, als die Gesetze der Bewegung von einer Substanz kennen zu lernen, die wie das Wasser uns täglich umgiebt, sondern die Schwierigkeiten, welche bei diesen Untersuchungen überwunden werden müssen, lassen kein günstiges Resultat erwarten. Diese Schwierigkeiten liegen theils in der Größe der erforderlichen Apparate und der Unannehmlichkeit mit großen Flüssigkeitsmassen zu operiren, vorzüglich aber in dem gänzlichen Mangel der Methode um dergleichen Beobachtungen anzustellen oder gar Messungen auszuführen. Vielleicht dürften solche Rücksichten den folgenden Versuchen eine günstigere Beurtheilung verschaffen.

2. So viel ich weiß war Venturi der Erste, welcher behauptet hat, daß bei der Bewegung von Flüssigkeiten eine seitliche Mittheilung dieser Bewegung stattfindet, wenigstens ist er als derjenige zu betrachten, der sich bemühte durch Versuche diese Ansicht zu begründen, die seitdem vielfach Eingang gefunden hat. Zwei Versuche sind es, die

1) Aus den Schriften der k. Acad. der Wissenschaften für 1848.

er gleich im Anfange seiner Schrift „*Recherches expérimentales sur le principe de la communication latérale du mouvement dans les fluides*“ als die eigentlichen Stützen seiner Ansicht anführt. Er behauptet nämlich, daß wenn man einem, aus einem Gefäße ausfließenden Wasserstrahle, einen sehr beweglichen Körper nähert, dieser von der Luft, welche mit dem Strahle fortströmt, mit fortgetrieben werde. Ich habe diesen Versuch unter verschiedenen Umständen wiederholt, bin aber zu andern Resultaten als Venturi gelangt.

3. Bekanntlich zeigt sich ein Wasserstrahl von da, wo er die Oeffnung des Gefäßes verläßt, bis zum Maximum seiner Contraction als eine feste zusammenhängende Masse, sodann bildet er mehrere auf einander folgende Anschwellungen, und darauf trennt er sich in einzelne Massen. Das empfindlichste Mittel, was man anwenden kann, um zu sehen, ob die Luft von einem solchen Strahle mit fortgerissen werde, ist offenbar eine Lichtflamme. Allein wie nahe ich auch dieselbe dem Strahle bringen mochte, so konnte ich bei dem Theile desselben, der noch vollkommen durchsichtig ist, keine Bewegung, selbst nicht ihrer Spitze beobachten. Erst bei der zweiten oder dritten Anschwellung begann dieselbe, und ward stärker, wenn die Flamme neben den unteren, sich schon trennenden Theil des Strahls gebracht wurde, wo sie sich heftig bewegte, aber auch gewöhnlich bald erlosch, indem einzelne Wassertheilchen auf den Docht geschleudert wurden. Diefes ist der Vorgang, wenn der Strahl sich ruhig bewegt. Schwankt derselbe aber, was häufig der Fall ist, dann ist die Flamme überhaupt unruhiger, und wird schon an einer früheren Stelle mit fortbewegt.

Würde die Luft in Folge der Adhäsion von dem Wasser mit fortgerissen, so müßte diese Wirkung da, wo die Geschwindigkeit des Strahls am größten ist, auch am stärksten seyn. Da diefes nicht der Fall ist, da andererseits die Beugung der Flamme mit der schwankenden Bewegung des Strahls zunimmt, so ist Grund zu vermuthen, daß wenn alle Schwankungen des Strahls fortfallen (was indeß viel-

leicht gar nicht zu erreichen möglich ist), daß alsdann gar keine Beugung der Flamme mehr statt hat.

4. Der andere Versuch, auf welchen Venturi seine Ansicht stützt, ist folgender: Eine cylindrische Röhre  $AC$  geht horizontal in einen Kasten  $BEFD$  Fig. 1. Tafel I., der bis  $DB$  mit Wasser angefüllt ist. Ihr gegenüber, ein wenig von ihrem Ende  $C$  entfernt, ist ein kleiner rechtwinkliger Kanal von Blech  $SMBR$  angebracht, dessen oberer Theil  $SR$  offen ist, und dessen Boden  $MB$  auf dem Rande des Kastens  $B$  ruht, so daß er also von  $M$  nach  $B$  steigt. Läßt man nun Wasser durch die Röhre  $AC$  in den Kasten mit einiger Geschwindigkeit einströmen, so steigt der Wasserstrom den kleinen Kanal  $MB$  hinan und ergießt sich aus dem Kasten durch den Strahl  $V$ . Zugleich entsteht in dem Wasser des Kastens  $BDEF$  eine Bewegung, dasselbe tritt in den Kanal  $SR$ , und geht mit dem Strahle  $AC$  fort, so daß seine Oberfläche in wenig Sekunden bis nach  $MH$ , dem unteren Rande des Kanals, sinkt.

5. Vor einiger Zeit hat der Prof. v. Feilitzsch eine sinnreiche Abänderung dieses Versuchs veröffentlicht <sup>1)</sup>. Er benutzt dazu ein Blechgefäß  $EDFG$  Fig. 2. Tafel I., das in der Mitte seiner Länge eine Scheidewand  $HI$  hat. In derselben ist möglichst nahe dem Boden eine cylindrische Röhre  $ABC$  aus Blech von  $2\frac{1}{2}$  Zoll Durchmesser und 8 Zoll Länge befestigt, die an beiden Enden offen ist. Innerhalb dieser Röhre in der Nähe der einen Oeffnung  $BC$  mündet die verticale Ausflußöffnung  $a$  eines horizontalen, nach vorn sich verengenden Fortsatzes  $ab$  von einem senkrechten, 6 Fuß langen Rohre  $bh$ , welches oben mit einem Wasserbehälter verbunden ist. Die beiden Abtheilungen des Gefäßes stehen nur durch die Röhre  $ABC$  mit einander in Verbindung. Wurden sie bis zu dem bei  $K$  angebrachten Abflusse mit Wasser gefüllt, so war im Zustande der Ruhe die Oberfläche des Wassers in beiden in derselben Horizontalebene. Floß jedoch durch die Oeffnung  $a$  Wasser

1) Pogg. Ann. Bd. LXIII. S. 216.

in das Gefäß, so begann das Niveau in der Abtheilung *FGHI* zu sinken.

6. Bei Wiederholung dieses Versuchs bemerkte ich, daß das Wasser unter geeigneten Umständen bis zu der communicirenden Röhre *ABC* sank, und daß zuweilen sogar Luft mit dem Wasser durch dieselbe geführt wurde. Dadurch kam ich auf den Gedanken, daß es möglich seyn müsse, das Ausfließen von Wasser aus einem Gefäße mit ziemlich weiter Oeffnung dadurch gänzlich zu verhindern, daß man einen Wasserstrahl, dessen Durchmesser viel geringer als der der Oeffnung des Gefäßes ist, gegen das in dieser Oeffnung befindliche Wasser strömen läßt.

Dies hat sich auch vollkommen bestätigt. Ich will zunächst beschreiben, wie ich den Versuch angestellt habe.

7. Aus einem Gefäße, das beständig mit Wasser voll erhalten wurde, ging eine 7 Fufs lange Röhre senkrecht hinab; dieselbe war an ihrem unteren Ende rechtwinklich gebogen, so daß sie einen horizontalen Wasserstrahl lieferte. Dieser strömte in ein Gefäß *A*, Fig. 3, das etwa 8 Zoll weit und 10 Zoll hoch war, und nahe am Boden eine seitliche Oeffnung hatte, in der eine Glasröhre *de* horizontal befestigt wurde.

Die Röhre war selten kürzer als 6 Zoll, und das Gefäß *A* war gewöhnlich so aufgestellt, daß die vordere Oeffnung derselben *e* auch etwa 6 Zoll von der Ausflußöffnung *f* entfernt war.

Bei einem Durchmesser der Oeffnung *f* von 3<sup>mm</sup>, und einem Durchmesser der Röhre *de* von 12<sup>mm</sup>, also bei einem Verhältnisse der Durchmesser von 1 : 4, stieg das Wasser in *A* bis zur Höhe von 250<sup>mm</sup> oder etwa 10 Zoll ohne daß auch nur ein Tropfen Wasser bei *e* ausfloß. War der Durchmesser von *de* größer, so begann ein Theil des Wassers schon auszufließen, bevor der Stand desselben in dem Gefäße *A* jene Höhe erreicht hatte, und zwar um so mehr, je weiter *de* war. Es versteht sich jedoch von selbst, daß die erwähnten Zahlen sich nur auf die angeführte Druckhöhe beziehen. Sie sind erhalten, während der Strahl aus

einer Oeffnung in einer dünnen Wand hervorging. Ist dieß nicht der Fall, so ändern sich die Verhältnisse.

Während des Versuchs findet ein gewaltiges Schäumen in der Röhre *de* statt. Da die Flüssigkeit in *A* durch das eintretende Wasser unvermeidlich in Schwankungen geräth, so thut man gut diese Röhre *de* nicht zu kurz zu wählen. Es ist dabei ziemlich gleichgültig ob dieselbe etwas mehr oder weniger von der Ausflußöffnung *f* des Wasserstrahls entfernt ist.

Ich habe es mir nicht zur Aufgabe gestellt zu untersuchen, wie das Verhältniß der Ausflußöffnung und der Röhre gewählt werden muß, um das Maximum der Höhe in *A* zu erhalten, ohne daß Wasser ausfließt; allein es scheint mir, daß dieses Verhältniß nicht constant ist, und daß bei zunehmender Weite der Ausflußöffnung der Durchmesser der Röhre nicht in demselben, sondern in einem geringeren Verhältnisse zunehmen muß. Wahrscheinlich hat dieß seinen Grund in der heftigeren Bewegung, in welche die Flüssigkeit in *A* bei Anwendung eines stärkeren Wasserstrahls geräth.

8. Der Versuch wurde so abgeändert, daß ein verticaler Wasserstrahl von unten in ein Gefäß eintrat, das in seinem Boden eine Oeffnung hatte, in der sich eine verticale Röhre befand. Wenn aber hierbei kein Wasser abfließen sollte, so mußte das Verhältniß der Durchmesser der Ausflußöffnung und der Röhre viel geringer, etwa das von 1 zu 2 seyn; ohne Zweifel deshalb, weil die Bewegung der Flüssigkeit hier von einem noch störenderen Einfluß ist, als bei den Versuchen mit der horizontalen Röhre.

9. Es schlossen sich diese Erscheinungen unmittelbar an diejenigen, welche durch die vortrefflichen Untersuchungen von Felix Savart über das Verhalten eines Wasserstrahls, der gegen eine feste Ebene strömt<sup>1)</sup>, bekannt sind. Durch dieselben kennt man auch den Vorgang, welcher stattfindet, wenn zwei Wasserstrahlen von entgegen-

1) *Ann. de chim. et de phys. Ser. II. Tom. LIII. p. 337.*

gesetzter Richtung einander treffen <sup>1)</sup>). Ich habe diese schönen Versuche wiederholt. Wenn zwei Strahlen von gleichem Durchmesser und von gleichem Drucke einander so treffen, daß sie eine gemeinschaftliche Tangente haben, so bewegt sich das Wasser in einer Ebene, welche senkrecht gegen diese Tangente ist, und bildet eine fast kreisrunde durchsichtige Scheibe, Fig. 4. Taf. I., die von einem durchsichtigen Rande concentrisch umgeben ist, welcher letztere offenbar dadurch entsteht, daß das Wasser zu einzelnen getrennten Massen sich zusammenzieht, die radial nach allen Richtungen fortgeschleudert werden.

Sind die Axen der beiden Strahlen, oder die Tangenten in dem Punkte, wo beide zusammentreffen, zwar parallel, fallen sie aber nicht in dieselbe gerade Linie, indem z. B. der eine Strahl ein wenig höher als der andere liegt, so bewegt sich das Wasser unverändert in einer Ebene, dieselbe ist aber geneigt gegen die Tangente der Strahlen.

Bleiben die Querschnitte beider Strahlen dieselben, der eine wird aber mit einer größeren Kraft bewegt als der andere, so verwandelt sich die Ebene in eine gekrümmte Fläche, deren Concavität nach der Seite des mit geringerer Kraft bewegten Strahles liegt. Wird der Unterschied des Drucks größer, so schließt sich diese gekrümmte Fläche, und je größer dieser Unterschied wird, um so stärker ist die Krümmung derselben an der Stelle, wo die beiden Strahlen zusammenstoßen. Wenn die Querschnitte der Strahlen verschieden sind, so bildet sich, so lange der Druck für beide gleich bleibt, auch eine gekrümmte Fläche, deren Concavität nach der Seite des Strahles von geringerem Durchmesser liegt. Wenn aber außerdem die Geschwindigkeiten, mit welcher diese Strahlen sich bewegen, oder die Drucke, durch welche sie hervorgebracht werden, verschieden sind, und wenn namentlich der des Strahles von geringerem Durchmesser größer ist, so bildet sich zwar auch eine gekrümmte Fläche, deren Scheitel jedoch,

1) Dasselbst *Tom. LV. p. 257.*

wie Savart angiebt <sup>1)</sup>, so lange das Verhältniß der Querschnitte der Strahlen nicht größer als das von 1 zu 4 ist, dicht an der Ausflußöffnung des weiteren Strahles liegt. Für ein größeres Verhältniß findet sich bei Savart keine Angabe.

Ist aber der Unterschied des Druckes hinreichend groß, so dringt, wenn das Verhältniß der Durchmesser 1:4 oder auch etwas größer ist, der engere Strahl ganz in das Gefäß mit weiter Oeffnung ein.

10. In dem oben §. 7. beschriebenen Experimente findet dieser Fall statt. Es wirken hier gleichsam zwei Strahlen gegen einander, indem das Wasser in der cylindrischen Röhre als ein weiter Strahl von geringerem Drucke betrachtet werden kann. Offenbar würde sich in dieser Röhre ebenfalls eine gekrümmte Fläche bilden, welche in sich geschlossen ist, wenn nicht noch andere Umstände mitwirkten, durch welche statt derselben eine Menge kleiner, in sich geschlossener, Flächen entstehen. Diese bringen die Erscheinung des Schäumens hervor.

11. Um diese Erscheinung weiter zu verfolgen, habe ich den Wasserstrahl gegen eine halbkugelförmige Vertiefung von Metall strömen lassen. Auch hierbei erhält man, bei einem bestimmten Drucke des Strahls und einer gewissen Größe des halbkugelförmigen Gefäßes, eine eiförmig in sich geschlossene Wasserfläche <sup>2)</sup>. Je nachdem man nun die halbkugelförmige Vertiefung dreht, fällt die Axe dieser Fläche, oder wenigstens der Punkt, in welchem die Vereinigung des Wassers stattfindet, nach der einen oder der andern Seite des Strahls, etwa so wie es in Fig. 5. Taf. I. dargestellt ist. Der ankommende Strahl geht alsdann durch die Fläche hindurch ohne die Bildung derselben zu stören.

1) a. a. O. p. 281.

2) Zu diesen Versuchen bediente ich mich einer halbkugelförmigen Vertiefung von 24<sup>mm</sup> Durchmesser, und ließ gegen dieselbe einen Strahl, der aus einer Oeffnung von 3<sup>mm</sup> Durchmesser unter einem Druck von 2,3 Mètres hervortrat, etwa in 0,5 Mètre Entfernung von der Ausflußöffnung wirken.



Man kann indeß die Halbkugel so drehen, daß das Wasser sich an einer, in der Richtung des Strahls liegenden Stelle zu vereinigen sucht, dann wird es dort von dem ankommenden Strahle wieder getroffen, und hierdurch entsteht ein eigenthümliches Schäumen und Umherschleudern der Wassertheile, das in Fig. 6. Taf. I. abzubilden versucht ist.

Daß bei einem solchen Vorgange, namentlich wenn er innerhalb einer Röhre stattfindet, deren Durchschnitt nicht größer ist als der der gekrümmten eiförmigen Fläche, alles gegen den engen Strahl zurückgeworfene Wasser von diesem aufgehalten, und, indem sich eine neue Fläche der Art erzeugt, mit demselben zurückgeführt werde, ist wohl begreiflich. Dadurch kann man sich auch vorstellen wie das Ausfließen einer Flüssigkeit aus einem Gefäße mit weiter Oeffnung durch einen Strahl von viel geringerem Durchmesser aufgehalten wird; und dadurch ist auch erklärlich, daß es zu der wirklichen Bildung einer einzigen größeren Fläche nicht kommen kann, sondern daß diese, wie schon gesagt, durch das immer zurückgeführte Wasser sich in eine Menge kleiner in sich geschlossener Flächen theilt, welche den Schaum bilden.

12. Um aber eine bestimmtere Vorstellung von diesem Vorgange zu erhalten, habe ich den Versuch noch so abgeändert, daß das Rohr *de* Fig. 7. Taf. I. mit einem rechtwinklig nach oben gebogenen Ansatz *mn* in der Mitte versehen ward, so daß das ganze Rohr die Gestalt eines umgekehrten T erhielt. Der Ansatz *mn* war so angebracht, daß die Stelle *k* wo der eindringende dünne Strahl das Wasser in der Röhre traf, zwischen *d* und *m*, und zwar sehr nahe bei *d* lag. Wurde nun Wasser durch den Ansatz *mn* gegossen, so floß nichts bei *e* ab, sondern alles bei *m* eintretende Wasser wurde sogleich bis nach *k* zurück gedrückt, und dieß fand selbst noch statt, wenn das Rohr *de* ziemlich weit war.

Die Stelle *k*, bis zu welcher der ankommende Strahl das Wasser in der Röhre zurückdrängt, ändert sich zwar



je nachdem derselbe genau in der Axe der Röhre oder mehr nach unten oder oben strömt; allein abgesehen hiervon ist ihre Lage bedingt, sowohl durch das Bewegungsmoment des dünnen Strahls, als auch durch das des Wassers, das aus dem Gefäße *A* abzufließen sucht. Ändert sich daher der Druck in *A*, steigt z. B. das Wasser in diesem Gefäße, während der Druck des dünnen Strahls constant bleibt, so rückt *k* mehr nach der Ausflußöffnung *e*.

Bleibt hingegen das Niveau der Flüssigkeit in *A* constant, so daß beide Drucke ungeändert bleiben, so kann die Stelle *k*, wo die Wassermassen einander treffen, sich noch dadurch ändern, daß der Druck der Luft bei *k* sich ändert.

13. In das T förmige Rohr *demn* Fig. 8. Taf. I., das in das Gefäß *A* bei *d* eingesetzt ist, wurde die enge Röhre *fg*, aus welcher der dünne Wasserstrahl hervorging, so eingeführt, daß der Ausfluß *f* nahe bei *m* lag. Sodann wurde die Oeffnung bei *e* luftdicht an den Kork *g* befestigt, und bei *n* ein Rohr angesetzt, das mit einer geräumigen, aber leeren Flasche *B* in Verbindung stand. Aus der Flasche ging ein gebogenes Rohr *op* heraus, das mit seinem unteren Ende *p* in einen kleinen, mit Quecksilber oder einer gefärbten Flüssigkeit gefüllten Cylinder *Q* tauchte. Erhielt man nun den Wasserstand bei *A* constant, so stieg die Flüssigkeit in der Röhre *op*, indem Luft mit dem Wasser bei *k* fortgeführt wurde. Aber in dem Maasse, als dies Steigen stattfand, rückte auch die Stelle *k*, wo der dünne Strahl das Wasser in der Röhre traf, mehr nach *m* hin, und sobald sie hier angekommen war, füllte sich das Stück *mf* mit Wasser, und dasselbe trat in *mn* hinauf. Es ist einleuchtend, daß dann das Schäumen aufhörte.

Es braucht wohl nicht erwähnt zu werden, daß das Resultat dasselbe war, wenn die Flasche *B* weggelassen und die Röhre von *n* direct in das Quecksilber geführt wurde, nur fand der Vorgang dann so rasch statt, daß man ihn nicht verfolgen konnte.

14. Läßt man auch das Gefäß mit Quecksilber fort, so daß auf das Wasser in der Röhre *mn* der Druck der Atmosphäre wirkt, und vertauscht die enge Röhre *fg*, durch welche das Wasser einströmt, mit einer weiteren, so kann man diese so wählen, daß keine Luft bei *m* mehr eintritt, sondern das ganze Rohr *de* mit Wasser erfüllt bleibt. Bei einem gewissen Verhältnisse der Durchschnitte der Röhren *fg* und *ed* steht alsdann das Wasser in der Röhre *mn* niedriger als in dem Gefäß *A*. Es findet also dann bei *m* ein geringerer Druck statt als bei *d*. Wählt man die Röhre *fg* noch weiter, so steigt die Flüssigkeit in *mn*, und kann unter geeigneten Verhältnissen darin viel höher stehen als in dem Gefäße *A*.

Dasselbe kann man erreichen wenn man, statt die Röhre *fg* zu ändern, die Geschwindigkeit vermindert, mit welcher das Wasser durch die unveränderte Röhre *fg* hindurch geht. Es ergibt sich hieraus, daß der Druck bei *m* abhängig ist, sowohl von der Geschwindigkeit als auch von dem Verhältnisse der Durchschnitte der beiden Röhren *fg* und *de* <sup>1)</sup>).

Wenn die Oeffnung *f* der engen Röhre, durch welche das Wasser einströmt, nicht bis zu der Stelle reicht, wo bei *m* die rechtwinklich aufwärts führende Röhre *mn* angebracht ist, sondern so weit von dieser Stelle entfernt ist, daß das Wasser, wenn es bei *m* ankommt, sich schon durch ein Stück der Röhre *de* bewegt hat, ohne seinen Querschnitt und also auch ohne seine Geschwindigkeit zu ändern, so steigt das Wasser in der Röhre *mn*, und steht in derselben höher als in dem Gefäße *A*.

- 1) Ganz ähnliche Erscheinungen erhält man, wenn Luft aus einer engeren in eine weitere, mit ihr festverbundene Röhre strömt, aus der sie am entgegengesetzten Ende wieder entweichen kann. Sind die Röhren nämlich horizontal und führt aus der weiteren, da wo die engere in sie einmündet, eine Röhre rechtwinklich in ein Gefäß mit Wasser oder Quecksilber hinab, so steigt diese Flüssigkeit in die Höhe, sobald die Luft mit hinreichender Geschwindigkeit aus der engeren in die weitere Röhre geblasen wird.

15. So lange das Schäumen in der Röhre *de* noch stattfindet, sieht man auch Luftblasen in das Gefäß *A* eintreten. Indem nämlich die ganze Wassermasse der Röhre sich in dieß Gefäß hineinbewegt, wird die, durch das Schäumen eingeschlossene Luft mit hineingeführt. In welchem Maafse dieß letztere stattfindet, kann man deutlich beobachten, wenn man die Röhre *de* Fig. 9. Taf. I. von Glas und von ziemlicher Länge, etwa 2 Fufs lang wählt. Man sieht alsdann die Flüssigkeit in dem vorderen Theile bei *k* schäumen, von da aber fließt sie, oder wird sie nach *d* hinbewegt, während oben auf derselben kleine Luftbläschen mit fortgeführt werden. Dieß findet sogar statt, wenn die Röhre *de* eine solche Neigung hat, daß der Schaum sich abwärts bewegen muß, indem das Ende *d*, mit welchem sie in dem Gefäße *A* befestigt ist, tiefer als die Oeffnung bei *e* liegt.

Das Eintreten solcher Luftblasen mit dem Wasser hat schon Savart beobachtet, ohne jedoch dieser Erscheinung weitere Aufmerksamkeit zu schenken. Ich glaube indess, daß sie nicht ganz unwichtig ist. Wer hat nicht schon bei dem Eingießen von Wasser in ein Glas die Luftblasen beobachtet, die dabei entstehen, und doch ist diese, seit Menschengedenken beobachtete Thatsache noch nicht erklärt, oder mindestens sind die vorhandenen Erklärungen nicht genügend.

16. Venturi ist, wie schon in §. 2. erwähnt worden, der Ansicht, daß der Wasserstrahl die Luft mit sich fortreißt. Hiernach würde sie gleichsam in Folge einer Reibung in das Wasser mit hinabgeführt werden. Allein wenn man ein Mal diese Erscheinung mit einiger Aufmerksamkeit betrachtet hat, so kann man eine solche Erklärung unmöglich zugeben, denn es ist gar nicht denkbar, daß die Luft mit solcher Kraft an dem Strahle haften, daß sie von diesem bis weit unter die Oberfläche des Wassers hinabgerissen werde.

17. Um aber diese Ansicht vollständig zu widerlegen, liefs ich aus einem Gefäße mittelst einer Röhre einen Strahl senkrecht ausfließen, und brachte die Oberfläche der Flüs-

sigkeit, welche er treffen sollte, so an, daß sie von dieser Röhre fast berührt wurde. Auch hierbei entstanden Luftblasen im Innern der Flüssigkeit. Auf dem kurzen Wege von etwa 1<sup>mm</sup>, den der Strahl in diesem Versuche durch die Luft zurücklegte, konnte der letzteren unmöglich durch Reibung eine so starke Bewegung mitgetheilt seyn, daß sie bis tief unter die Oberfläche des Wassers hinabzudringen vermochte.

18. Savart hat die Behauptung aufgestellt, daß der Strahl einer Flüssigkeit zwar bis zum Maximum seiner Contraction eine zusammenhängende Masse bilde, aber von da ab aus einzelnen getrennten Massen bestehe, welche, indem sie ihre Gestalt periodisch ändern, die abwechselnden Anschwellungen des Strahls hervorbringen. Man könnte glauben daß die Luftblasen, welche beim Eindringen eines Strahls in eine Flüssigkeitsmasse entstehen, von Luft herrühren, welche zwischen diesen einzelnen getrennten Massen des Strahls enthalten ist. Allein wenn man einen Wasserstrahl, der mit einigem Drucke ausfließt, die Oberfläche von Wasser treffen läßt, noch bevor er das Maximum seiner Contraction erfahren hat, so bilden sich die Blasen gleichfalls, und hierdurch wird diese Ansicht, abgesehen von anderen Einwendungen, vollkommen widerlegt.

19. Es scheint dießs Phänomen davon herzuführen, daß der Flüssigkeitsstrahl da, wo er die Oberfläche der ruhenden Flüssigkeit trifft, eine Vertiefung bildet. Diese schließt sich, sobald die Oberfläche der Flüssigkeit in die geringste Schwankung geräth, und enthält dann Luft im Innern, die von dem sich bewegenden Wasser in die Tiefe mit hinabgeführt wird.

20. Bewegt sich ein Strahl continuirlich gegen die Oberfläche einer Flüssigkeit, so kann man die Vertiefung, welche rund um den Strahl sich bildet, deutlich sehen. Allein sie schließt sich gewöhnlich so schnell, und es tritt so schnell eine neue an ihre Stelle, daß man die Art, wie die Luft eingeschlossen wird, nicht weiter verfolgen kann.

21. Ich habe indeß Gelegenheit gehabt zu beobach-

ten, dafs wenn ein Strahl in einiger Entfernung von seiner Ausflufsöffnung und bevor er das Maximum der Contraction erreicht hat, eine Wasseroberfläche trifft, die vollkommen ruhig ist, sich bisweilen eine ziemlich bedeutende Vertiefung rund um den Strahl bildet, ohne dafs Luft in das Wasser eindringt. Sobald aber alsdann die geringste Bewegung auf der Oberfläche entsteht, so wird sogleich Luft mit hinabgeführt. Setzt man z. B. die Oberfläche dadurch in Bewegung, dafs man in einiger Entfernung von dem Strahl einzelne Tropfen aus einer Höhe von wenigen Zollen auf das Wasser fallen läfst, die für sich allein keine Luft unter die Oberfläche der Flüssigkeit führen würden, so tritt, sobald der Tropfen auffällt, jedesmal ein zischendes Geräusch da ein, wo der Strahl die Oberfläche trifft, und zugleich sieht man kleine Luftblasen mit dem Strahle in die Flüssigkeit hinabdringen.

22. Dasselbe geschieht, wenn die Continuität des Strahls unterbrochen wird, etwa indem man einen festen Körper durch denselben hindurch bewegt. Ja selbst wenn nur ein kleines Bläschen von Luft in dem Strahle enthalten ist, so stellt sich dies Geräusch ein, und zugleich wird eine grössere Menge von Luft durch den Strahl hinabgerissen. Eben dasselbe findet statt, wenn die Oberfläche der Flüssigkeit in unregelmässige Bewegung geräth, und dann zeigt sich bisweilen ein ausserordentlich heftiges Eindringen von Luft. Es hat dabei das Ansehen, als ob sich ein trichterförmiger Strudel um den Strahl bildet, durch welchen die Luft in drehender Bewegung hinabgeführt wird. In dieser Art beobachtet man die Erscheinungen nämlich, wenn der Strahl mit dem Drucke einer Wassersäule von 10 Fufs ausströmt und die Oberfläche des Wassers in einem 2 Fufs weiten Gefässe trifft. Hiernach scheint mir die in §. 19. gegebene Erklärung von dem Eindringen der Luftblasen in eine Flüssigkeit keinem Zweifel zu unterliegen.

23. Bei Betrachtung der Bewegung, welche stattfindet, wenn eine Flüssigkeit in die gleichartige Substanz durch eine Oeffnung einströmt, welche sich in einiger Tiefe un-

ter der Oberfläche der letzteren befindet, schien es mir zunächst wünschenswerth durch Versuche zu ermitteln, ob die Wirkung, welche das einströmende Wasser gegen einen Widerstand leistenden Körper ausübt, mit der Entfernung von der Einströmungsöffnung sich ändere oder nicht. Ich habe diese Versuche auf die Weise ausgeführt, daß eine Platte unter Wasser senkrecht gegen die Richtung des auf die eben erwähnte Weise entstehenden Strahls (wenn man sich dieses Ausdrucks bedienen darf) angebracht und die Kraft gemessen wurde, mit welcher das Wasser dieselbe zu bewegen suchte.

Um zu ermitteln, in wie weit es nöthig ist, daß die Platten, welche benutzt werden sollten, vollkommen eben sind, wurden zunächst Versuche in der Luft angestellt, und um dabei das Resultat unabhängig von der Schwere des Wassers zu erhalten ein horizontaler Strahl benutzt. Die Einrichtung des Versuches war folgende:

24. An den Balken einer Waage *FG* Fig. 10. Taf. I. war in der Mitte ein verticaler Stab *ab* von Metall geschraubt, und an diesem die Platte *cd* so befestigt, daß dieselbe gleichfalls vertical und senkrecht gegen die Richtung des Strahls war. Wenn alsdann der Waagebalken horizontal war und es wurde gegen die Mitte der Platte der Strahl gerichtet, so drängte dieser dieselbe zurück. Allein durch Auflegen von Gewichten konnte man die Waage in ihre Gleichgewichtslage zurückführen, und so die Kraft bestimmen, mit welcher die Platte der Bewegung des Strahls Widerstand leistete.

Hierauf wurden 2 vollkommen ebene Platten, die eine von 9<sup>mm</sup> und die andere von 24<sup>mm</sup> Durchmesser, nach einander bei *b* befestigt, und während dieselben sich in der Luft befanden, wurde ein horizontaler Wasserstrahl senkrecht gegen ihre Mitte gerichtet. Sodann wurden diese ebenen Platten mit concaven Halbkugeln vertauscht, deren Durchmesser genau gleich war dem Durchmesser der Platten, und der jedesmal stattfindende Druck gemessen. Derselbe ergab sich bei einer Druckhöhe von 2 Meter in ei-

nem Abstände von 100<sup>mm</sup> von der Ausflufsöffnung *f*, welche in einer dünnen Wand aus Blech angebracht war und 3<sup>mm</sup> im Durchmesser hatte, für

	die Platte	die Halbkugel
von 9 <sup>mm</sup> Durchmesser zu 22 Grammes		42 Grammes.
„ 24 <sup>mm</sup> „ „ 23 „		38 „

25. Dieser gröfsere Druck bei den Halbkugeln beruht offenbar darauf, dafs das Wasser des Strahls, der dieselben in der Mitte trifft, sich zur Seite bewegt, und dadurch gegen die halbkugelförmige Wand noch einen Druck ausübt. Dafs dies wirklich so ist, ergibt sich schon aus der Art, wie das Wasser von den Halbkugeln von verschiedenem Durchmesser zurückgeworfen wird. Während dasselbe nämlich von der von 9<sup>mm</sup> fast parallel mit dem ankommenden Strahl zurückkommt, bildet es, zurückgeworfen von der von 24<sup>mm</sup>, eine gekrümmte Oberfläche, von ähnlicher Gestalt wie die in Fig. 5. Taf. I., deren grösster Durchmesser etwas gröfser als der der Halbkugel ist.

Hieraus erklärt sich auch, weshalb bei der gröfseren Halbkugel die bewegende Kraft geringer ist, als bei der kleinen, während doch die Fläche, gegen welche der Druck ausgeübt wird, gröfser ist. Es zerlegt sich nämlich der seitliche Druck bei dem gröfseren Krümmungshalbmesser so, dafs ein geringerer Theil desselben in der Richtung des ursprünglichen Strahls wirkt, als bei dem kleineren Halbmesser. Nur bei ganz ebenen Platten erhält man den Antheil der Bewegung allein, welcher in der Richtung des Strahls stattfindet. Deshalb wurden zur Ermittlung der Quantität der Bewegung nur solche Platten benutzt.

26. Die übrige Einrichtung war folgende: Aus einem Gefäfse, in welchem der Wasserstand dadurch unverändertlich erhalten wurde, dafs aus einem darüber befindlichen Behälter mehr Wasser zu, als unten abflofs, führte ein verticales Rohr *MN* Fig. 10. Taf. I., das bei *M* rechtwinklig gebogen war. Dasselbe hatte im Innern einen Durchmesser von 1 Zoll, und trug an seinem horizontalen Theile bei *O* eine Hülse von Metall, in deren Mitte sich die Aus-



flufsöffnung befand, welche bei allen diesen Versuchen kreisrund war, und bei den meisten einen Durchmesser von 3<sup>mm</sup> hatte. Das Stück *MO* dieses Rohrs befand sich mit der Platte *cd* in einem grossen Gefässe *ABCD*; das 4 Fufs lang, 3 Fufs breit und 16 Zoll hoch war; dasselbe war ganz mit Wasser gefüllt, und durch einen in einer bestimmten Höhe angebrachten Abflufs *gh* wurde der Stand des Wassers unveränderlich erhalten. Die Waage mit ihrer Platte war zwischen zwei Leisten *HI* so verschiebbar, dafs sie sich immer parallel mit sich selbst bewegte. An diesen Leisten war eine Theilung angebracht, um den Abstand der Platte *cd* von der Ausflufsöffnung *f* messen zu können. Bevor das Gefäss *ABCD* mit Wasser gefüllt wurde, überzeugte man sich, dafs der durch die Luft gehende Strahl die Platte in ihrem Mittelpunkte traf. Für die geringen Entfernungen, welche hier in Betracht kommen, glaubte ich die Richtung des Strahls unter Wasser als unverändert ansehen zu dürfen, besonders da derselbe sich in dem gleichartigen Medium bewegte.

27. Wendet man bei diesem Versuche Platten von verschiedenem Durchmesser an, so nimmt die Kraft, welche nothwendig ist, um bei unveränderter Entfernung von der Ausflufsöffnung die Waage im Gleichgewicht zu erhalten, mit der Gröfse der Platten zu, jedoch nur bis zu einer bestimmten Gränze; über diese hinaus bleibt sie unverändert. Wurden daher ziemlich grosse Platten benutzt, so war man sicher die ganze Gröfse der Wirkung zu erhalten. Die kleinste Platte, welche ich angewendet habe, hatte 100<sup>mm</sup> Durchmesser. Die folgende Tabelle enthält einige von den Bestimmungen, welche mit Platten von verschiedener Gröfse erhalten worden sind.

Ho-



Horizontaler Strahl<sup>1)</sup>.

Oeffnung.	Druck- höhe.	Durchm. der Platte.	Abstand der Platte von der Oeffnung.	Gewicht in Grammes, um die Platte in ihre Lage zu- rückzuführen.		
				No. I.	No. II.	No. III.
In dünner Wand. Durchmesser 3mm.	6' 10" Rhl. = 2,145 Mètres	100mm	20mm	20,0	20,0	20,0
			50	21,0	21,0	20,75
			100	21,5	21,5	21,5
			150	21,5	21,5	21,5
			200	21,0	20,5	20,5
Desgl.	Desgl.	150mm	20mm	No. IV.	No. V.	No. VI. <sup>2)</sup>
			50	20,0	20,0	18,0
			100	21,0	21,0	19,0
			150	22,0	22,5	20,0
			200	23,0	23,5	20,0
			250	23,0	23,5	21,0
			300	23,0	23,0	21,0
In Messing von 1mm Dicke. Durchm. 3mm.	7' 11" Rhl. = 2,229 Mètres.	200mm	20mm	No. VII.	No. VIII.	
			50	16,0	16,2	
			100	16,7	16,7	
			150	18,0	18,0	
			200	18,0	18,0	
			250	18,0	18,0	
Glas- röhrchen von 10mm Länge. Durchmesser nahe 3mm.	Desgl.	150mm	20mm	No. IX.		
			50	21		
			100	21,6		
			150	23,2		
			200	23,3		
			250	23,3		
Glas- röhrchen von 20mm Länge. Durchmesser etwas weniger als 3mm.	Desgl.	Desgl.	20mm	No. X.		
			50	14,3		
			100	14,9		
			150	15,2		
			200	15,4		
			250	15,2		

1) Die Temperatur des Wassers schwankte bei diesen Versuchen sehr wenig, sie war sehr nahe 14° C.

2) Bei dieser Beobachtungsreihe war die Richtung der Hülse etwas verändert, und die Axe des Strahls nicht ganz senkrecht gegen die Platte.

Poggendorff's Annal. Bd. LXXX.

28. Es geht aus diesen Versuchen hervor, daß die Wirkung gegen die Platte mit der Entfernung derselben von der Ausflußöffnung zunimmt, und zwar bis zu einem Abstände von 150 Millimètres. Bei allen Versuchen wurde ein ähnliches Resultat erhalten. Kein einziger, und ich habe deren viele, außer den hier mitgetheilten, angestellt, zeigte innerhalb des Abstandes von 100 Millim. eine Abnahme. Allein die Zunahme war nicht immer gleich, und ich überzeugte mich, daß die Schwankungen davon herührten, daß es nicht möglich war die Hülse, in der die Ausflußöffnung sich befindet, immer so anzubringen, daß die Richtung des Strahls, selbst innerhalb dieser geringen Entfernung genau dieselbe blieb.

29. Um diese Unsicherheit zu vermeiden, wurde der Versuch so abgeändert, daß der Strahl vertical war und gegen eine horizontale Platte sich bewegte. Zu dem Ende wurde diese mittelst drei feinen Drähten von 3 Fufs Länge an dem einen Ende des Waagebalkens befestigt. Die Waage selbst aber befand sich an einem Gestelle, durch welches sie auf und nieder bewegt werden konnte, wobei jedoch der Mittelpunkt der Platte stets senkrecht unter der Oeffnung blieb, durch welche das Wasser ausfloß.

Die Platte hing im Wasser in einem Gefäße, das 3 Fufs Durchmesser und 2 Fufs Höhe hatte, und in welchem der Stand des Wassers unverändert blieb. Die Oeffnung, aus welcher der Strahl hervorging, befand sich 4 Zoll unter der Oberfläche.

Auch bei diesen Versuchen zeigten sich ähnliche Zunahmen der Wirkung gegen die Platte und zwar sowohl wenn der Strahl vollkommen vertical niederging, bevor das Wasser in das Gefäß gebracht war, als auch wenn derselbe unter einem Winkel von 10 Grad das Centrum der horizontalen Platte traf; wie dies aus No. XIII. der folgenden Tabelle hervorgeht.

## Verticaler Strahl.

Oeffnung.	Druck- höhe.	Durchm. der Platte.	Abstand der Platte von der Oeffnung.	Gewicht in Grammes, um die Platte in ihre Lage zu- rückzuführen.	
In dünner Wand. Durchmesser 3mm.	8' 10" Rhl. = 2,772 Mètres.	200mm	50mm 100 150 200	No. XI. 29,5 30,5 31,0 30,5	No. XII. 29,0 30,5 31,0 30,5
Desgl. Der Strahl machte einen Winkel von 10° mit der Verticalen.	Desgl.	Desgl.	50mm 100 150 200	No. XIII. 29,0 30,7 31,0 30,5	
Glas- rohr 10mm lang, nahe 3mm Durch- messer.	Desgl.	Desgl.	20mm 30 50 100 150 200	No. XIV. 26,0 26,5 27,5 28,5 29,0 28,5	
Glasrohr 65mm lang, 6mm Durch- messer, unten zusammenge- schmolzen bis auf nahe 3mm.	Desgl.	Desgl.	20mm 50 100 150 200	No. XV. 23,5 25,5 26,5 26,5 26,0	
Glasrohr 65mm lang, aber überall von demsel- ben Durchm. von 3,3mm.	Desgl.	Desgl.	20mm 50 100 150 200	No. XVI. 28,5 29,5 30,8 31,3 30,9	

30. Später §. 41. werde ich auf die Erklärung dieser Erscheinung, daß die Wirkung des gegen eine Platte sich bewegenden Wassers mit der Entfernung zunimmt, zurückkommen. Zunächst schien es mir von Interesse die Art und Weise wie das einströmende Wasser sich mit dem schon vorhandenen mischt, genauer zu verfolgen.

Ich liefs deshalb das Wasser durch eine Oeffnung von 2 bis 3 Millim. im Durchmesser und unter dem Drucke

einer Wassersäule von 7 Fufs, horizontal in ein Gefäfs einströmen, von dem zwei Seitenwände aus Glas und nur 0,5 Zoll von einander entfernt waren. Indem der Strahl auf der schmalen Seite desselben in der Mitte der Höhe eintrat, konnte er sich nur nach unten und oben ausbreiten, und es war bei der geringen Dicke der Wasserschicht zu hoffen, dafs man im Stande seyn würde, den Vorgang innerhalb derselben näher zu beobachten.

Das Gefäfs mußte in einiger Entfernung von der Einströmungs-Oeffnung, bei *A* Fig. 11. Taf. I., beträchtlich breiter gemacht werden, weil sonst der Widerstand durch die Reibung längs der Seitenwände zu grofs war. Auch hatte dasselbe an der, der Einströmungs-Oeffnung gegenüberliegenden Seite, bei *B*, einen Ausschnitt zum Abflufs des Wassers, so dafs das Niveau desselben unverändert blieb. Um den Strahl besser beobachten zu können brachte ich verschiedene undurchsichtige Körper, *Semen Lycopodii* und statt dessen auch Milch in das Wasser, aber die Bewegung war stets so unruhig und heftig, dafs sich keine scharfe Beobachtung anstellen liefs. Indefs zeigte dieser Versuch eine andere Erscheinung die, wiewohl sie eine unmittelbare Folge aus den früher mitgetheilten Versuchen ist, doch nicht ohne Interesse seyn möchte. Die Oeffnung durch welche das Wasser in das Gefäfs einströmte, lag etwa 2 Zoll unter der Oberfläche des darin befindlichen Wassers, und 3,5 Zoll über dem Boden des Gefäßes. Sobald das Einströmen begann, sank die Oberfläche in dem schmalen Theile des Gefäßes und zwar nahm dieselbe verschiedene Vertiefungen an, je nachdem das Wasser mit gröfserer oder geringerer Gewalt einströmte. Oft sank sie zunächst der Einströmungs-Oeffnung bis unter diese hinab. Wenn dies geschah, so entstand ein heftiges Schäumen und dabei blieb, so lange noch Wasser mit hinreichender Gewalt einströmte, die Oberfläche an dieser Stelle niedriger als die Einströmungs-Oeffnung. Vermied man aber ein so bedeutendes Sinken der Oberfläche, und blieb die Oeffnung *f* unter derselben, so zeigten sich mehrere Vertiefungen, wie sie in

Fig. 11. Taf. I. angedeutet sind. Vermehrte man alsdann durch vollständiges Oeffnen des Hahns *C* die zuströmende Wassermasse, so wurde die Vertiefung bei *d* geringer, dagegen blieb die bei *e*, die etwa in einer Entfernung von 5 Zoll von der Oeffnung *f* lag, fast unverändert. In allen diesen Fällen bewegte sich das Wasser unten und oben aus dem weiteren Theile *AB* des Gefäßes in den engeren *AD* zurück, also der Richtung des durch *f* einströmenden entgegen. Diefs giebt einen neuen Beweis dafür, daß ein nicht unbedeutender Theil des ruhenden Wassers von dem einströmenden beständig mit fortbewegt wird. Dadurch entstehen neben der einströmenden Masse wirbelnde Bewegungen des Wassers, die hier bei *g* deutlich zu sehen waren. Eine nähere Beobachtung des Vorgangs im Innern war aber bei der Unruhe, welche durch die rückgängige Bewegung des Wassers in der oberen Schicht eintrat, unmöglich. Um daher diesen Vorgang im Inneren des einströmenden Wassers näher kennen zu lernen, habe ich eine andere, wenn auch etwas mühsamere Methode gewählt.

31. Wasser das frei von Kochsalz und Chlorwasserstoffsäure war, strömte in ein großes weites Gefäß in dem sich Wasser befand, das etwa 1 Proc. Kochsalz enthielt. Um die Quantität dieses Salzes in der Auflösung genau zu bestimmen, wurde ein abgemessenes Volumen derselben, gewöhnlich 10 Cub. Cent., mittelst einer Pipette in eine Flasche gebracht, und dann so lange mit einer normalen Auflösung von salpetersaurem Silber versetzt, bis kein Niederschlag mehr entstand. Aus dem Volumen der normalen Auflösung von salpetersaurem Silber, das zur Fällung nöthig gewesen war, ergab sich die Quantität des Kochsalzes. Es ist diefs die umgekehrte Methode von der, welche Gay-Lussac für die Bestimmung des Silbers eingeführt hat. Bei einiger Uebung kann man den Gehalt an Chlornatrium bis auf 0,01 Proc. sicher bestimmen. Liefs man nun Wasser das, wie schon erwähnt, frei von Kochsalz und Chlorwasserstoffsäure seyn mußte, in diese Salzlösung einströmen, und fing man in dem so entstehenden Strahle an ir-

gend einer Stelle eine Quantität der Flüssigkeit mit der Vorsicht auf, daß sich dadurch die Bewegung in dem Strahle nicht änderte, so ging aus der Menge des Kochsalzes in dieser Flüssigkeit hervor, in welchem Verhältniß sich das einströmende Wasser mit der im Gefäße vorhandenen Salzlösung an dieser Stelle gemischt hatte.

32. Um die Flüssigkeit an irgend einer Stelle des Strahls aufzufangen, bediente ich mich einer Glasröhre *abc* Fig. 12. Taf. I., die in eine feine Spitze bei *a* ausgezogen war. Der zugespitzte Theil war horizontal und wurde in die Richtung des horizontal einströmenden Wassers gebracht, hinter dieser Zuspitzung bog sich die Röhre nach oben und ragte über die Oberfläche des Wassers hervor. Hier war mittelst Kautschuk eine andere Röhre *cd* angesetzt die abwärts geneigt werden konnte. Die Röhre *abc* war an einem starken Brette *gh* gut befestigt, das auf einem andern, quer über das Gefäß *ABCD* fest angebrachten Brette, sicher vor und rückwärts sowie auch seitwärts bewegt werden konnte. Die Spitze der Glasröhre hatte eine Oeffnung von 1<sup>mm</sup> innerem und 1,5<sup>mm</sup> äußerem Durchmesser, und verjüngte sich allmähig, so daß der Widerstand, welchen sie für die Bewegung des Wassers darbot, zu gering war um diese wesentlich zu ändern. Wurde diese Spitze in nicht zu großer Entfernung von der Oeffnung *f* angebracht, durch welche das Wasser einströmte, so war die Bewegung hinreichend, um das Wasser in dieselbe hinein und in der Röhre *abc* so hoch hinauf zu treiben, daß es durch *cd* abfließen, und in einem untergehaltenen Glase aufgefangen werden konnte. Die ersten Portionen die hierbei ausflossen enthielten noch die Salzlösung, welche in der Röhre vor dem Beginn des Versuches enthalten war, und erst die späteren hatten die Zusammensetzung, welche der Flüssigkeit an dem Punkte *a* in dem Strahle entspricht. Es wurde deshalb die ausfließende Flüssigkeit in 3 Portionen aufgefangen, deren beide letzte dieselbe Zusammensetzung zeigen mußten, wenn das Resultat als richtig betrachtet werden sollte. Später hatte übrigens die Erfahrung

schon gelehrt, wie viel ausfließen mußte, um sicher zu seyn, daß die früher im Rohre befindliche Flüssigkeit ganz entfernt sey.

Durch das in die Salzlösung einströmende Wasser ändert sich zwar die Concentration derselben, allein diese Aenderung war während der kurzen Dauer eines Versuches immer nur sehr unbedeutend. Vor jedem neuen Versuch wurde die Quantität des Salzes in der in dem Gefäße *AB* befindlichen Lösung von neuem bestimmt.

33. Vorzüglich war es interessant zu erfahren ob die Salzlösung bis in die Mitte des einströmenden Wasserstrahles gelange. Es wurden deshalb zunächst Versuche angestellt, bei welchen sich die Spitze stets in der Mitte dieses Strahles, aber in verschiedenen Entfernungen von der Oeffnung *f*, durch welche das Wasser einströmte, befand. Um die Mitte des in der Salzlösung entstehenden Strahls sicher ermitteln zu können, wurde die Salzlösung aus dem Gefäße *AB* abgelassen, und die Spitze in die Mitte des in das leere Gefäß einströmenden Wassers gebracht. Dann wurde die Salzlösung wieder eingefüllt und die Bestimmung in der erwähnten Art vorgenommen.

Die Resultate, welche so erhalten wurden, sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt, in den vier ersten Columnen sind die unmittelbar beobachteten Zahlen enthalten, die fünfte ergibt sich aus der dritten und vierten.

Die Spitze in der Mitte des Strahls.

No. des Versuchs.	Durchm. der Oeffnung durch welche das Wasser einströmte.	Entfernung der Spitze von der Oeffnung.	Salzgehalt in <i>AB</i> vor dem Versuche.	Salzgehalt der durch die Spitze erhaltenen Flüssigkeit.	Die durch die Spitze erhaltene Flüssigkeit bestand aus:	
					Salzlösung.	Wasser.
1.	3mm	10mm	0,92 Proc.	0,50 Proc.	54,4 Proc.	45,6 Proc.
2.	»	20mm	0,90 »	0,54 »	60,0 »	40,0 »
3.	»	»	0,78 »	0,46 »	59,0 »	41,0 »
4.	5mm	10mm	0,89 »	0,03 »	3,4 »	96,6 »
5.	»	20mm	0,93 »	0,14 »	15,1 »	84,9 »
6.	»	»	0,98 »	0,16 »	16,4 »	83,6 »



No. des Versuchs.	Durchm. der Oeffnung durch welche das Wasser einströmte.	Entfernung der Spitze von der Oeffnung.	Salzgehalt in <i>AB</i> vor dem Versuche.	Salzgehalt der durch die Spitze erhaltenen Flüssigkeit.	Die durch die Spitze erhaltene Flüssigkeit bestand aus:	
					Salzlösung.	Wasser.
7.	5mm	30mm	0,93 Proc	0,27 Proc.	29,0 Proc.	71,0 Proc.
8.	»	»	0,90 »	0,27 »	30,0 »	70,0 »
9.	»	»	0,88 »	0,23 »	26,2 »	73,8 »
10.	»	»	0,82 »	0,19 »	23,2 »	76,8 »
11.	»	»	0,99 »	0,22 »	22,0 »	78,0 »
12.	»	50mm	0,98 »	0,44 »	44,9 »	55,1 »

Wurde die Spitze so weit genähert, daß sie sich dicht vor der 3<sup>mm</sup> weiten Oeffnung befand, durch welche das Wasser in *AB* einströmte, so drang nur reines Wasser ohne eine Spur der Salzlösung in dieselbe ein.

34. Die Verschiedenheiten, welche sich für die Versuche ergeben, bei denen die Spitze in derselben Entfernung angebracht war, haben ihren Grund darin, daß die geringste Abweichung von der Mitte des Strahls eine große Verschiedenheit in der Mischung der Flüssigkeit bedingt. Um zu erfahren, wie bedeutend diese Verschiedenheit ist, wurden einige Versuche angestellt, bei welchen die Spitze aus der Mitte des durch die Oeffnung von 5<sup>mm</sup> einströmenden Strahls gerückt war, theils bis an den äußeren Rand des in die Luft ausströmenden Wassers, wobei die Mitte der Spitze um 1,75<sup>mm</sup> von der Mitte des Strahls entfernt war, theils auch noch mehr seitlich, so daß die Mitte der Spitze um 2,5 bis 3,0<sup>mm</sup> von der Mitte des Strahls abstand, wobei sich das Wasser, wenn es in die Salzlösung einströmte, noch mit hinreichender Kraft in die Spitze hinein bewegte, um durch die Röhre *cd* wieder abzufließen.

Die Resultate dieser Versuche sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.



No. d. Versuchs.	Entfernung d. Spitze von der Oeffnung <sup>1)</sup> .	Die Spitze befand sich	Salzgehalt in <i>AB</i> vor dem Versuche.	Salzgehalt d. durch die Spitze erhaltenen Flüssigkeit.	Die durch die Spitze erhaltene Flüssigkeit bestand aus:	
					Salzlösung.	Wasser.
13.	10mm	in der Mitte	0,89 Proc.	0,03 Proc.	3,4 Proc.	96,6 Proc.
»	»	1,75mm seitl.	1,08 »	0,23 »	21,3 »	78,7 »
»	»	3,00mm seitl.	0,94 »	0,42 »	44,7 »	55,3 »
6.	20mm	in der Mitte	0,98 »	0,16 »	16,4 »	83,6 »
»	»	1,75mm seitl.	1,06 »	0,40 »	37,7 »	62,3 »
»	»	2,50mm seitl.	0,99 »	0,45 »	45,5 »	54,5 »
11.	30mm	in der Mitte	0,99 »	0,22 »	22,0 »	78,0 »
»	»	1,75mm seitl.	0,97 »	0,46 »	47,4 »	52,6 »
»	»	2,50mm seitl.	0,96 »	0,56 »	58,3 »	41,7 »

Es geht hieraus hervor, daß die Quantität der Salzlösung bedeutend zunimmt, wenn man die Spitze von der Mitte entfernt, und daß ein wirkliches Eindringen der schon vorhandenen in die einströmende Flüssigkeit stattfindet.

35. Ich wende mich nun zu der Erklärung dieser Erscheinungen. Nach dem gegenwärtigen Zustande der Wissenschaft ist eine streng mathematische Herleitung derselben leider nicht möglich, die folgende Betrachtung kann aber, wie ich glaube, dazu dienen dieselben vollständig zu erklären.

Denkt man sich eine Flüssigkeit, welche in die gleichartige Substanz, die in einem Gefäße enthalten ist, das als unbegrenzt betrachtet werden kann, durch eine Oeffnung einströmt, welche hinreichend tief unter der Oberfläche liegt, so breitet sich der auf diese Weise in der Flüssigkeit entstehende Strahl continuirlich aus, d. h. seine auf der Axe senkrechten Querschnitte werden continuirlich größer. Zugleich nimmt die Geschwindigkeit in demselben mit der Entfernung von der Einströmungsöffnung ab, was man beides leicht beobachten kann.

Ginge hierbei durch jeden gegen die Axe des Strahls senkrechten Querschnitt dieselbe Menge von Flüssigkeit in derselben Zeit hindurch, so würde die nachkommende Masse

1) Der Durchmesser der Oeffnung, durch welche das Wasser in die Salzlösung einströmte, betrug 5mm.

hinreichend seyn, um den Raum auszufüllen, welchen die vorhergehende inne hatte.

Wir wollen nun untersuchen, unter welchen Bedingungen dies möglich ist. Betrachtet man zu dem Ende eine bestimmte Masse der einströmenden Flüssigkeit, z. B. die, welche in einer Zeiteinheit durch die Einströmungs-Oeffnung hindurchgeht, so wird, wenn dieselbe sich ausbreitet, ihre Dicke oder Ausdehnung in der Richtung der Axe des Strahls in demselben Verhältnisse geringer, als ihr Querschnitt oder ihre Ausdehnung in den beiden gegen die Axe senkrechten Richtung größer wird. Wenn dabei ihre Geschwindigkeit zugleich auch in diesem Verhältnisse abnähme, so daß beide, sowohl die Geschwindigkeit als auch die Dicke, sich umgekehrt wie die Querschnitte verhielten, dann würde diese Masse durch jede Ebene, welche senkrecht gegen die Axe des Strahls ist, in derselben Zeit hindurchgehen. Allein wenn diese Bedingungen erfüllt würden, so würde die Kraft, mit welcher diese Masse sich bewegt, in demselben Verhältnisse geringer werden wie ihre Geschwindigkeit.

Es läßt sich aber einsehen, daß dies nicht der Fall seyn kann. Denn wenn man von dem Verluste an bewegender Kraft absieht, welcher durch die Reibung der Flüssigkeitstheilchen entsteht, und wenn, wie oben schon vorausgesetzt worden, die Bewegung in einem Gefäße stattfindet, welches so groß ist, daß seine Wände keinen Widerstand für die Bewegung darbieten, so ist, wenn die Oberfläche während der Bewegung horizontal bleibt und man zunächst davon ausgeht, daß die Druckverhältnisse für alle Theile der Flüssigkeit während ihrer Bewegung dieselben wie im Zustande der Ruhe sind, keine Kraft vorhanden, welche der Bewegung entgegenwirkt. Es wird deshalb kein Theil von dieser bewegenden Kraft vernichtet werden.

Zwar breitet der Strahl sich dadurch aus, daß die ankommende Masse einen Widerstand in der ihr vorhergehenden findet, allein da dieser Widerstand von vollkommen beweglichen Theilen geleistet wird d. h. nur auf Träg-

heit beruht, so bleibt doch die bewegende Kraft, welche in der Richtung der Axe stattfindet, unverändert, und deshalb ist, sobald die Bewegung permanent geworden, dieselbe bewegende Kraft während der Zeiteinheit in jeder gegen die Axe des Strahls senkrechten Ebene wirksam.

Bestände das Breiterwerden des Strahls nur darin, daß dieselbe Masse bei ihrem Fortschreiten ihre Form ändert, und einen größeren Querschnitt annimmt, so könnte sich ihre Geschwindigkeit nicht ändern; dann aber würde diese Masse in einer um so kürzeren Zeit durch die verschiedenen Querschnitte des Strahls hindurchgehen, jemebr sie sich ausgebreitet hat. Dadurch würden die einzelnen Schichten des Strahls sich entweder von einander trennen, oder es müßte eine Verdünnung eintreten. In solchen Fällen, in denen dafür gesorgt ist, daß keine andere Masse Zutritt, wo also nur diesselbe Masse sich ausbreitet, kann man bei tropfbar flüssigen Körpern, wo eine Verdünnung nicht möglich ist, wenigstens eine Druckabnahme, und bei luftförmigen eine wirkliche Verdünnung experimentell nachweisen, wie dies in §. 14. geschehen ist. Auch ist diese Abnahme des Drucks schon theoretisch nachgewiesen (D. Bernoulli, *Hydrodynamica Sectio XII. §. 9. p. 262.* Poisson, *Traité de mécanique 2<sup>me</sup> Edit. II. pag. 730.*). In dem Falle aber, wo wie hier der Strahl in der gleichartigen Substanz sich bewegt, verursacht die Druckabnahme in ihrem Entstehen sogleich ein seitliches Zuströmen, wodurch sich die Masse in dem Strahle vermehrt.

Mit dieser Vermehrung der Masse nimmt die Geschwindigkeit ab. Da aber die bewegende Kraft sich nicht ändert, so wird durch einen entfernteren Querschnitt stets mehr Flüssigkeit in derselben Zeit hindurchgehen, als durch einen der der Einstromungs-Oeffnung näher ist.

Da der Druck, den die Flüssigkeit in ihrer Bewegung ausübt, geringer ist als der der ruhenden, so könnte man glauben, daß die Voraussetzung, von welcher die obige Betrachtung ausgegangen ist, daß nämlich kein Theil der bewegenden Kraft in dem Strahle vernichtet werde, nicht

richtig sey, weil ein Theil dieser Kraft nöthig zu seyn scheint, um die Flüssigkeit, welche im Anfange unter einem geringeren Drucke sich befindet, allmählig unter den größeren Druck zu versetzen, oder um, wenn statt der tropfbaren eine luftförmige Masse vorhanden ist, diese zu verdichten.

Allein dies ist deshalb nicht der Fall, weil die Verminderung dieses Drucks gerade dadurch entstanden ist, daß die vorangehende Flüssigkeit schneller durch einen Querschnitt des Strahls hindurchgeht als die nachfolgende. Wenn daher durch die Druckverschiedenheit die Geschwindigkeit der ursprünglich sich bewegendenden Masse vermindert wird, so wird auch gerade durch sie die seitlich vorhandene, vorher ruhende Masse mit in Bewegung gesetzt, und dadurch der Verlust an bewegender Kraft wieder ausgeglichen.

Es ergibt sich hieraus:

1) daß in einem Strahle, welcher entsteht, wenn eine Flüssigkeit in eine gleichartige Masse einströmt; durch jeden Querschnitt, welcher weiter von der Einströmungs-Oeffnung entfernt liegt, in derselben Zeit mehr Flüssigkeit hindurchgeht, als durch einen näher liegenden, und

2) daß in Folge hiervon der Druck der Flüssigkeit während der Bewegung in dem Strahle geringer ist als im Zustande der Ruhe.

36. Mit Hülfe dieser beiden Sätze erklären sich die oben beschriebenen Erscheinungen sehr einfach. Bei dem in §. 4. erwähnten Versuche von Venturi, bewegt sich durch den Querschnitt *SM* des Kanals *SMVR* Fig. 1. Taf. I. mehr Wasser, als in derselben Zeit durch die Röhre *CA* zufließt, es muß folglich von dem in dem Gefäße enthaltenen Wasser mit fortgeführt werden.

Ebenso bewegt sich in dem in §. 5. beschriebenen Versuche durch die weite Röhre *ABC* Fig. 2. Taf. I. in derselben Zeit mehr Flüssigkeit, als durch die enge Röhre bei *a* zufließt, und da hier kein Zuströmen von der Seite stattfinden kann, so dringt, in Folge der Verminderung des

Drucks, durch die Oeffnung  $BC$  die Flüssigkeit aus der Abtheilung  $HF$  des Gefäßes  $EDGF$ . Dadurch sinkt die Flüssigkeit in dieser Abtheilung.

37. Sinkt aber die Oberfläche der Flüssigkeit in der Abtheilung  $HF$  während dieselbe in der Abtheilung  $HE$  unverändert bleibt, so wirkt der Druck, welcher durch den Unterschied der Niveaus entsteht, der Bewegung entgegen, und es nimmt dadurch die bewegende Kraft ab, so daß dieselbe in dem Querschnitte der Röhre  $AB$  bei  $A$  geringer ist als die, welche während derselben Zeit in der engen Röhre bei  $a$  wirksam ist. Mit dieser Abnahme wird aber auch die Quantität der Flüssigkeit geringer, welche in der Zeiteinheit durch den Querschnitt hindurchgeht. Es wird daher die Oberfläche in der Abtheilung  $HF$  so lange sinken bis die Masse der Flüssigkeit, welche in der Zeiteinheit durch einen Querschnitt der weiten Röhre bei  $A$  hindurchgeht, ebenso groß ist als die, welche in derselben Zeit durch  $a$  sich bewegt. — Der Unterschied der Niveaus giebt die oben §. 35. erwähnte Verminderung des Drucks der einströmenden Flüssigkeit zu erkennen.

38. Wenn die Verhältnisse bei diesem Versuche so sind, daß nachdem die Flüssigkeit in der Abtheilung  $HF$  bis an den untern Rand der Röhre bei  $C$  gesunken ist, der Unterschied in dem Stande der Flüssigkeit in beiden Abtheilungen noch nicht hinreicht, um die bewegende Kraft, welche in der Richtung des Strahls wirksam ist, so weit zu vermindern, daß in Folge dieser Verminderung durch die weite Röhre in derselben Zeit ebenso viel hindurchgeht als durch die Oeffnung bei  $a$  eintritt; so erfährt das Wasser während der Bewegung in dieser Röhre von  $A$  her einen geringeren Druck als von  $B$ , wiewohl der statische Druck d. i. der, welcher wirksam wäre, wenn die Flüssigkeit sich nicht bewegte, von  $B$  her nur der Druck der Atmosphäre, von  $A$  aber der der Atmosphäre und noch der durch den Unterschied der Niveaus hervorgebrachte ist. In Folge dieses stärkeren Drucks bei  $B$  tritt die Luft

durch diese Röhre in das Wasser hinein, wie dies in dem in §. 6. beschriebenen Versuche sich gezeigt hat.

39. Aus demselben Grunde tritt auch bei dem in §. 7. erwähnten Versuche, wo durch einen dünnen Strahl das Ausfließen aus einer weiten Röhre gehemmt wird, die Luft durch diese Röhre in das Wasser hinein, und zwar so lange bis die Flüssigkeit in dem Gefäße A Fig. 3. Taf. I. eine solche Höhe erreicht hat, daß innerhalb der Röhre der Druck von beiden Seiten derselbe geworden ist. Wird von der innern Seite des Gefäßes der Druck noch größer, so beginnt das Wasser abzufließen.

40. Nimmt während das Wasser durch die Röhre *de* Fig. 8. Taf. I. fließt, auch der Druck ab, welchen die Luft ausübt, die sich in dieser Röhre befindet, wie in dem Versuche §. 13.; so wird nur so lange die Luft in das Wasser eindringen und mit diesem fortbewegt werden, bis in der Röhre die Gleichheit des Drucks von beiden Seiten sich hergestellt hat.

41. Die Zunahme der Wirkung des gegen eine Platte strömenden Wassers, welche sich in den in §. 27 bis §. 29. beschriebenen Versuchen herausgestellt hat, findet, wie ich glaube, auch ihre Erklärung darin, daß der Druck der sich bewegenden Flüssigkeit geringer ist als der der ruhenden. Es bewegt sich nämlich die Flüssigkeit, welche eine ebene Platte trifft, wenn diese groß genug ist, längs derselben hin, und auch bei dieser Bewegung, parallel der Platte, wird der Druck, welchen die Flüssigkeit während ihrer Bewegung ausübt geringer seyn, als er im Zustande der Ruhe wäre. Es wird deshalb der Druck, welcher gegen die Platte von der Seite, wo die Flüssigkeit sich bewegt, ausgeübt wird, geringer seyn als von der hinteren Seite, wo die ruhende Flüssigkeit gegen die Platte drückt, und zwar wird der Unterschied des Drucks um so größer seyn, je größer die Geschwindigkeit ist, mit welcher die Flüssigkeit längs der Platte hinströmt und je größer das Stück der Platte ist mit dem sie sich parallel bewegt. Die Geschwindigkeit aber ist offenbar größer wenn die Platte der Einströ-

mungs-Oeffnung näher ist, als wenn sie weiter von ihr absteht und ebenso ist bei dieser näher befindlichen Platte, bei welcher der Strahl sich noch weniger ausgebreitet hat, das Stück gröfser, neben welchem sich die Flüssigkeit parallel bewegt. Je näher daher die Platte der Einströmungs-Oeffnung ist, um so gröfser ist die Differenz des Drucks den sie von beiden Seiten erfährt, und deshalb ist die Kraft, welche erfordert wird, um die Platte im Gleichgewicht zu erhalten, geringer, wenn sie der Einströmungs-Oeffnung näher ist, als wenn sie weiter von ihr absteht, bis bei zunehmender Entfernung jene Differenz des Drucks verschwindet.

42. Auf eine ähnliche Weise ist leicht zu erklären weshalb, wenn zwei Platten unter Wasser in geringer Entfernung parallel einander gegenüberstehen, und ein Wasserstrahl durch die Mitte der einen mit einiger Gewalt eintritt, sie sich, wie Hachette gezeigt hat, zu einander bewegen, und ebenso auch weshalb solche in der Luft befindliche Platten sich zu einander bewegen, wenn durch die Mitte der einen die Luft mit einiger Geschwindigkeit gegen die andere strömt.

43. Aus dem seitlichen Zuströmen, welches stattfindet, wenn eine Flüssigkeit in die gleichartige Substanz einströmt, (§. 31 bis §. 34.) ergiebt sich als eine nothwendige Folge, dafs wenn dies Einströmen mit hinreichender Geschwindigkeit geschieht, eigenthümliche wirbelnde Bewegungen entstehen müssen, wie dies auch der in §. 30 beschriebene und auf Fig. 11. Taf. I. abgebildete Versuch deutlich zeigte. Wenn die Oeffnung nicht zu klein, und namentlich in verticaler Richtung ziemlich ausgedehnt ist, so können bei hinreichender Geschwindigkeit des Wassers trichterförmige Vertiefungen entstehen, weil das Wasser im Innern einer solchen wirbelnden Bewegung dem am Rande derselben sich bewegendem fortwährend zuströmt, wodurch der Druck in der Mitte vermindert wird.

44. Ein ganz ähnlicher Vorgang findet auch bei luftförmigen Körpern statt. Es wird genügen an die eigen-



thümlichen Bewegungen des aufsteigenden Rauches zu erinnern. Aber auch die spiralförmige Fortpflanzung, die man bei heftigen Winden und Stürmen beobachtet hat, beruhen, wenn ich nicht irre, auf einem solchen Zuströmen der Luft nach der in Bewegung befindlichen. Selbst das merkwürdige Phänomen der sogenannten Wasserhosen läßt sich leicht hierdurch erklären, denn wenn ein Wind mit hinreichender Geschwindigkeit sich wirbelförmig in einiger Höhe über dem Wasser bewegt, so wird die Luft im Innern dieser Wirbel zu der am Rande sich bewegenden hinströmen, es wird dadurch der Luftdruck im Innern dieser Wirbel vermindert und in Folge dessen hebt sich das Wasser und nimmt an jener wirbelnden Bewegung mit Antheil. Aehnliche Erscheinungen, die auf dem seitlichen Zuströmen einer Flüssigkeit beruhen, ließen sich noch manche anführen, doch mögen diese genügen.

#### Zusatz über das Wassertrommel-Gebläse.

Zum Schluß kann ich nicht unterlassen noch eine Vorrichtung anzuführen, die auf den vorher §. 15 bis §. 22 erwähnten Erscheinungen des Eindringens von Luft in eine Flüssigkeit beruht. Es ist dieß das sogenannte Wassertrommel-Gebläse, das nach Grignon<sup>1)</sup> etwa ums Jahr 1640 in Italien erfunden seyn soll. Ein solches ist in Fig. 13. Taf. I. nach der Beschreibung abgebildet, welche Richard in seinen „*Etudes sur l'art d'extraire immédiatement le fer de ses minerais* p. 169“ giebt.

*B* ist ein Behälter der durch den Kanal *Z* stets voll Wasser gehalten wird.

*A* und *A* sind zwei Röhren oder ausgehöhlte Bäume etwa 13 Fufs hoch, von denen hier die eine im Durchschnitt dargestellt ist.

*C. C* ist ein luftdicht schließender Kasten von Holz oder auch ein Fafs.

Die

1) *Mémoires de Physique* p. 196.



Die Röhren *AA* werden nach oben etwas weiter. An dieser Stelle sind 2 gegen einander geneigte Bretter *pp* in eine jede eingesetzt, welche eine trichterförmige Verengung bilden und durch die Hölzer *tt* von einander entfernt gehalten werden.

Unter dem unteren Rande dieser Bretter sind in den Röhren mehrere Oeffnungen *ee* angebracht, durch welche Luft eindringen kann. Aehnliche Oeffnungen befinden sich, nach Richard's Angabe, auch etwa in der halben Höhe dieser Röhren bei *e'e*, doch fließt durch diese, wie er anführt, zuweilen Wasser aus, weshalb es wohl zweckmäßiger seyn würde sie fortzulassen.

Werden die konischen Verschlüsse *k* der trichterförmigen Oeffnungen *pp* in die Höhe gezogen, so fällt das Wasser durch die Röhren hinab, und es wird zugleich Luft durch die Oeffnungen *ee* eingesaugt<sup>1)</sup>. Indem diese von dem Wasser in den Kasten *CC* hinabgeführt wird, vermehrt sich die Luft in demselben, und strömt durch das Rohr *H* und die Oeffnung bei *b* aus.

In dem unteren Theile des Kastens *CC* ist bei *q* eine Oeffnung angebracht, durch welche das herabfallende Wasser abfließen kann. Die Größe derselben ist so abgeglichen, daß die Oberfläche des Wassers in dem Kasten *CC* niemals bis zu dieser Oeffnung sinkt. Um dies zu erreichen ist gewöhnlich vor derselben noch ein Kasten angebracht, in dem das Wasser erst in die Höhe steigen muß, um über seinen oberen Rand fortzufließen.

Soviel auch über diese Art der Gebläse<sup>2)</sup>, die in ei-

1) Statt die Luft durch die Oeffnungen *ee* einsaugen zu lassen hat man auch die Einrichtung, daß statt der Bretter *pp* in jede Röhre zwei hölzerne Trichter eingesetzt werden, die so hoch sind, daß sie über die Oberfläche des Wassers hervorragen. Das Wasser fließt dann durch den Zwischenraum zwischen diesen Trichtern in die Röhre *A* hinab, dadurch sinkt das Wasser in den Trichtern selbst und es tritt durch dieselben Luft in die Röhre hinein.

2) Dieselben werden hauptsächlich bei der unmittelbaren Gewinnung des Schmiedeeisens aus den Erzen (*Forges catalanes*) benutzt, und nach Pogendorff's Annal. Bd. LXXX.

nigen Departements des südlichen Frankreichs sehr viel in Anwendung sind, geschrieben worden, und so ausführlich und genau die Beschreibung ist, welche Richard in dem oben erwähnten, i. J. 1838 zu Paris erschienenen, Werke davon giebt, so ist doch der eigentliche physikalische Grund, auf welchem das Hinabdringen der Luft beruht, noch ganz unbekannt.

Richard ist auf denselben gar nicht eingegangen. Von älteren Schriftstellern behauptete im vorigen Jahrhunderte Justi<sup>1)</sup>, daß das Wasser sich bei heftiger Bewegung in Luft verwandle, und Venturi<sup>2)</sup> erklärte im Jahre 1800 die Wirkung dieser Gebläse durch die seitliche Mittheilung der Bewegung des Wassers. Eine solche würde voraussetzen, daß eine so starke anziehende Kraft zwischen Luft und Wasser vorhanden sey, daß die Luftblasen bis tief unter die Oberfläche hinabgeführt werden, was, wie ich schon früher in §. 16. erwähnt habe, nicht gut denkbar ist. Außerdem habe ich dort einen Versuch angeführt, der, wie ich glaube, diese Ansicht vollständig widerlegt.

Um indess den Vorgang bei dem Wassertrommel-Gebläse näher kennen zu lernen, habe ich dasselbe im Kleinen aus Glas nachgebildet, in der Art wie es in Fig. 14. Taf. I. dargestellt ist.

*N* bezeichnet den Wasserbehälter, an welchem die 6 Zoll lange Röhre *ab* mittelst eines Korks befestigt ist. Das untere Ende derselben ragt in das obere Ende der Röhre *cd*. Diese ist 6,5 Fufs lang und hat einen innern Durchmesser von  $\frac{1}{4}$  Zoll. Bei *d* geht sie durch den Kork, welcher die Flasche *AB* verschließt und endet bei *g*, etwa zwei Zoll über dem Boden der Flasche. Durch den Kork *d* gehen noch zwei Röhren, nämlich *de*, die mittelst des Hahnes *e* verschlossen werden kann, und *hik*, die als Manometer dient und von *i* bis *k* mit Quecksilber gefüllt ist.

Richard's Angabe bedienten sich im Departement de l'Ariège im Jahre 1838 alle Schmieden, bis auf eine oder zwei, nur dieses Gebläses.

1) Schauplatz der Künste und Handwerke Bd. II. S. 97. Anmerk.

2) Gilberts Annalen III, 129.

Wenn die Röhre *ab* an ihrem unteren Ende bei *b* eine Oeffnung von 0,4 Zoll im Durchmesser hatte und das Wasser durch dieselbe hinab floss, so wurde eine nicht unbedeutende Menge von Luft in die Flasche *AB* mit hinabgerissen. Es vermehrte sich der Druck, und indem das Manometer bei *k* stieg, hob sich zugleich das Wasser in der Röhre *cdg*. Durch Oeffnen des Hahnes *e* wurde das Ausströmen der Luft, und durch den Hahn *D* das Abfließen des Wassers aus der Flasche so geregelt, daß der Stand des Wassers in *cdg* auf einer constanten Höhe blieb. Lag diese etwa 3 Fufs über der Oberfläche *AB* des Wassers in der Flasche, und hatte die Oeffnung *b* wie schon erwähnt 0,4 Zoll im Durchmesser, so sah man eine Menge kleiner Luftblasen, die sich in der ganzen Breite des Rohrs gleichförmig mit dem Wasser hinab bewegten. War der Durchmesser bei *b* gröfser, so fand die Bewegung schneller statt, und man konnte die Blasen nicht mehr gehörig verfolgen. War die Oeffnung *b* hingegen enger, hatte sie z. B. nur 0,2 Zoll im Durchmesser, so entstanden bei *f* zwar Blasen von Luft, allein dieselben gelangten nicht bis an den unteren Theil der Röhre, sondern nachdem sie bis zu einiger Tiefe hinabgekommen waren, stiegen sie in Folge ihres geringeren specifischen Gewichts wieder in die Höhe. Nur einzelne ganz kleine Blasen wurden bis zur Tiefe von etwa 24 Zoll hinabgeführt.

Offenbar bilden die Luftblasen sich da, wo der herabfallende Strahl die Oberfläche *f* des Wassers in der Röhre trifft, und hier werden sie von dem Wasser ganz umschlossen, und von diesem mit fortbewegt. Ist nun die Kraft mit welcher diese Bewegung stattfindet so grofs, daß die Blasen schneller hinab bewegt werden, als sie in Folge ihres specifischen Gewichts steigen würden, so werden sie in die Flasche *AB* gelangen. Dies wird aber nur eintreten, wenn erstens die Fallhöhe des Wassers bis zur Oberfläche *f* hinreichend ist, damit dasselbe tief genug unter diese hinabdringt, und wenn zweitens die Oeffnung *b* einnigermassen beträchtlich ist im Verhältnifs zu dem Durch-

messer der Röhre *cdg*, denn nur alsdann wird die ganze Wassermasse in dieser Röhre sich mit hinreichender Geschwindigkeit abwärts bewegen. Ist hingegen die Oeffnung *b* nur klein im Verhältniß zu dem Durchschnitt von *cdg*, so ist die Bewegung des Wassers in dieser Röhre auch nur gering, und die Luft wird sich in Folge hiervon schneller auf als abwärts bewegen.

Ist die Oeffnung *b* nicht viel kleiner als der Durchschnitt der Röhre *cdg*, so verschließt das herabfallende Wasser diese Röhre, selbst wenn dieselbe, statt bis *g* herabzugehen, schon unmittelbar unter dem Korke *d* endet. Es nimmt auch dann das Wasser, wie in dem ebenerwähnten Versuche, eine dem Drucke der Luft in der Flasche entsprechende Höhe in der Röhre an, und überhaupt findet die Erscheinung ganz auf dieselbe Weise statt, wie wenn die Röhre *cd* bis unter die Oberfläche *AB* des Wassers in der Flasche hinabgeht. Es ist deshalb auch bei dem Wassertrommel-Gebläse nicht nöthig, daß die Röhren *AA* Fig. 13. Taf. I. bis unter die Oberfläche des Wassers in der Trommel *CC* hinabgehen.

Diese Versuche zeigen, daß hier derselbe Vorgang stattfindet, den man so häufig Gelegenheit hat zu beobachten, wenn man eine Flüssigkeit in ein Glas eingießt, wobei gleichfalls Luftblasen mit hinabgeführt werden. Ich glaube diesen Vorgang früher §. 18 bis §. 20. hinreichend auseinander gesetzt zu haben, und führe die Versuche in Betreff des Wassertrommel-Gebläses hier nur an, um zu zeigen, daß die Art wie die Luft bei demselben fortgeführt wird, sich vollkommen jenen früher beschriebenen Vorgängen anschließt.

## II. Ueber die Härte der Mineralien und ein neues Verfahren dieselbe zu messen; von Rudolph Franz.

Da mir das Verfahren, das wir nach Haüy's Vorgange bis jetzt zur Bestimmung der Härte der Mineralien angewandt haben, von jeher als ein höchst ungenaues und besonders zur Vergleichung der Härte desselben Krystalles nach verschiedenen Richtungen völlig unbrauchbar erschienen ist, so richtete ich schon längst alle Aufmerksamkeit auf die Auffindung eines andern Verfahrens; und nicht umsonst. Ehe ich jedoch darauf eingehe, dasselbe darzulegen, muß ich zuvor noch mit einigen Worten mich darüber erklären, welchen Sinn ich mit dem Ausdruck „Härte eines Minerals“ verbinde. Mir scheint nämlich die Härte eines Minerals diejenige Kraft desselben zu seyn, welche seine Theilchen zusammenhaltend, dem Körper, der diese zusammenhängenden Theilchen trennen will, Widerstand leistet. Sie ist also diejenige Kraft des Minerals, welche das Eindringen eines Körpers in das Mineral verhindert, und zugleich der Fortbewegung einer in die Oberfläche eingedrückten Spitze sich entgegenstellt. Das Maafs dieser Widerstandskraft ist nun aber offenbar der Druck, welcher angewandt werden muß, um den Körper zum Eindringen in das Mineral zu bringen. Schon Frankenheim hat in seiner Abhandlung über die Härte der Krystalle<sup>1)</sup> diese in demselben Krystall nach verschiedenen Richtungen verschiedene Widerstandskraft zu vergleichen versucht. Ich bin von dem Verfahren, das Frankenheim in Anwendung gebracht hat, der, wie er sagt, die Kraft die erforderlich war, um den Stein zu ritzen, allein mit der Hand gemessen hat, abgewichen, und es ist nun der Zweck dieser Zeilen, mein Verfahren als ein geeignetes auseinander zu setzen.

1) Zeitschrift für Physik und Mathematik Bd. 9. VVien 1831.

Zuerst beschreibe ich das Instrument, das ich mir, nach meiner Angabe durch den Berliner Mechanikus Rühle habe fertigen lassen. Taf. II. Fig. 1. Es besteht aus drei Haupttheilen:

1. Aus einer Tafel, auf welche die Mineralien gelegt werden. Das Mineral wird nämlich auf einen hölzernen Würfel, der mittelst Schrauben auf der Tafel *s* festgehalten wird mit Wachs aufgeklebt, oder mittelst Gyps in eine eiserne Form, die nun an die Stelle des Würfels tritt, eingelassen, so daß die zu untersuchende Oberfläche horizontal liegt, welche Lage hervorzubringen ich mich bei grossen Flächen einer Libelle bediente; die kleineren stellte ich nach dem Augenmaasse ein.

2. Aus einem einen Fuß langen eisernen Balken *ab*, der mittelst zweier Schrauben *k* in der Schwebe gehalten wird. An dem Ende desselben, welches über der Tafel (1.) schwebt, ist ein Täfelchen *b* zum Auflegen von Gewichten befestigt; an dem andern Ende ist ein verrückbares Gewicht *a* angebracht, durch welches vor dem Versuch das Gleichgewicht des Balkens hergestellt wird. Zwei Schrauben *m* und *n* sind an dem Unterstützungsgestell, auf welchem der Balken hängt, so angebracht, daß durch sie der Balken hoch oder niedrig geschraubt und dann in dieser Lage festgehalten werden kann, je nachdem es die Höhe des zu untersuchenden Minerals verlangt. Eine excentrische Scheibe, durch *g* drehbar, dient dazu, bei Beschwerung des Täfelchens mit Gewichten, den Balken festzuhalten. Wird die Scheibe gedreht, so berührt die unterhalb des Täfelchens angebrachte Spitze *h* das Mineral.

3. Der dritte Bestandtheil des Instruments sind nämlich zwei Spitzen, welche in den unter dem Gewichtstäfelchen *b* befestigten Cylinder eingelassen werden, die eine ein stählerner Kegel von  $54^{\circ}$  Oeffnung,  $13^{\text{scr}}$  schwer, die andere ein in Blei gefasster Diamantkrystall, der mit der Hülse ein Gewicht hat von  $2,5^{\text{scr}}$ .

Das Verfahren ist nun folgendes:

Zuerst wird eine Glasscheibe auf die Oberfläche des Minerals gelegt und der Balken so weit hinuntergelassen,

bis die Spitze das Glas berührt; dann wird das Glas wieder hinweggenommen, die excentrische Scheibe gedreht, und nun drücken die auf das Täfelchen gelegten Gewichte die Spitze  $h$  in das Mineral ein. Die dazwischen gelegte Glasscheibe bewirkte, daß die Spitze immer ganz senkrecht die Oberfläche des Minerals berührt. Darauf muß nun das Mineral selbst langsam fortbewegt werden, was mittelst einer weiteren Schraube  $fc$  geschieht, welche die Platte  $s$ , auf der der hölzerne Unterlagswürfel ruht, fortbewegen kann. Endlich wird das Gewicht festgestellt, welches auf das Gewichtstäfelchen gelegt werden muß, damit ein Strich von der Spitze auf der Oberfläche des Minerals bemerkbar werde. Da nun bei mehreren Mineralien, der Unterschied der Gewichte, die nöthig waren um mit dem Diamant zu ritzen, ein sehr geringer war, bediente ich mich zur Bestimmung der Härte dieser weicheren Mineralien der Stahlspitze. Die Platte  $s$ , auf welcher der hölzerne Würfel steht, kann gedreht werden und ist mit einer Kreistheilung versehen. Nun ist aber selbst die Stahlspitze unzureichend, mit ihr einen sehr kleinen Unterschied im Widerstande nach verschiedenen Richtungen derselben Fläche zu messen; und so bin ich genöthigt gewesen noch ein zweites von dem Mechanikus Etter in Bonn verfertigtes Instrument anzuwenden, Taf. II. Fig. 2., das folgendermaßen zusammengesetzt ist:

An den Seiten der unter 1. beschriebenen Platte sind auf dem Gestell, welches das ganze Instrument trägt, zwei stählerne Schienen  $\alpha\beta$  angebracht, auf denen sich zwei Rädchen  $\epsilon$  mit großer Leichtigkeit bewegen können. Auf den Axen dieser Rädchen senkrecht stehen zwei Metallstäbe, die oben durch einen Querbalken verbunden sind, von dessen Mitte wieder ein horizontaler Arm  $\zeta\vartheta$  ausgeht, der an seinem Endpunkte die Spitze hält. Dieser Arm kann, je nachdem die Größe des Minerals es fordert, gehoben und gesenkt werden. Ein an dem Cylinder der Spitze  $\vartheta$  befestigter Faden ist über ein Rad  $\eta$  gezogen und trägt eine Waagschale  $z$ . Die Spitze selbst kann beliebig beschwert werden. Diefes Instrument wird nun so mit dem



vorigen Gestell verbunden, dafs das Rad  $\eta$  über welches der die Waagschale tragende Faden geht, auf dem Gestell, das den unter 2. beschriebenen Balken trägt, nach dessen Entfernung befestigt wird; dabei bleibt die in Grade getheilte Unterlage  $s$  in Anwendung.

Das Gewicht, welches auf die Waagschale  $k$  gelegt werden mufs, damit die Spitze fortbewegt werde, ist das Maafs des Widerstandes der Körpertheilchen. Dieser Widerstand ist ohne Zweifel um so gröfser, je tiefer die Spitze in das Mineral eindringt. Vergleichen wir daher die Wirkung dieses und des vorigen Instruments, so entspricht dem auf der Waagschale  $x$  zur Fortbewegung der Spitze nothwendigen gröfseren Gewicht das kleinere auf die Gewichtstafel  $b$  des vorigen aufzulegende.

An Stelle der Gewichte schüttete ich Sand auf die Waagschale, den ich dann später abwog.

Nachdem ich so die Instrumente, deren ich mich bei meinen Versuchen bediente, zu beschreiben versucht habe, kann ich nun zu diesen selbst übergehen. Zuerst suche ich durch dieselben die Härte je ein und desselben Minerals nach verschiedenen Richtungen festzustellen, dann aber zweitens will ich versuchen die Härte derjenigen Mineralien aus denen Mohs seine Härtescala zusammen gesetzt hat, zu vergleichen, mich jedoch beide Male auf die von ihm genannten Steine beschränkend mit Hinzufügung nur weniger Andern.

# I. Von den Gesetzen, welche die Härteunterschiede in denselben Mineralien befolgen.

## 1. Talk.

Am Talk habe ich keine Härteunterschiede nach verschiedenen Richtungen gefunden, obgleich er zum rhombischen System gehört. Die Ursache davon suche ich darin, dafs ich trotz aller angewandten Mühe kein Exemplar auftreiben konnte, welches eine regelmäfsige Spaltungsfläche dargeboten hätte. Zur Fortbewegung der völlig unbeschwer-  
ten Spitze waren 49,10<sup>gr</sup> erforderlich, wobei also der Cy-



linder (in dem die Spitze befestigt war) nebst der Tafel mit einem Gewicht von 48<sup>gr</sup> und die Stahlspitze selbst mit einem Gewicht von 13<sup>gr</sup> drückten.

## 2. Gyps.

Auch am Gyps war bei Anwendung der ersten Verfahrensart kein Unterschied nach den verschiedenen Richtungen zu bemerken; deshalb ging ich zur zweiten über. Ich klebte also den Gyps an den Würfel mit Wachs an, so daß die Stahlspitze in der Ebene der vollkommensten Spaltbarkeit der kürzeren Diagonale folgte, und so bei 0° (s. die folgende Tabelle) den stumpfen Winkel des Rhombus theilte. Die bei den verschiedenen Richtungen zur Fortbewegung der Spitze nöthigen Gewichte sind folgende:

bei 0° sind nöthig 21,71<sup>gr</sup>.<sup>1)</sup>

5°	-	20,90	-
10°	-	18,46	-
15°	-	18,00	-
20°	-	17,75	-
25°	-	20,57	-
30°	-	22,84	-
35°	-	23,55	-
40°	-	24,27	-
45°	-	24,80	-
50°	-	24,30	-
55°	-	25,65	-
60°	-	26,42	-

1) Die Zahlen der Gewichte sind die arithmetischen Mittel aus acht Experimenten. Die Gewichte der einzelnen acht Experimente sind folgende:

0°	5°	10°	15°
17,5	18,3	22,0	20,0
16,5	18,2	21,7	23,7
16,6	17,1	18,3	20,3
18,7	18,4	20,4	19,8
19,6	21,0	24,6	25,7
17,7	17,7	20,0	23,0
20,8	20,5	21,7	22,5
16,7	16,5	18,5	19,3

bei 65° sind nöthig	26,85 <sup>gr</sup>	
70°	28,22	
75°	28,92	
80°	30,12	
85°	30,00	
90°	30,80	
95°	34,05	
100°	35,00	
105°	37,10	
110°	40,35	
115°	36,85	
u. s. w. abnehmend.		

Daraus ergibt sich, daß die größte Härte des Gyps in der Linie ist, welche von der kürzeren Diagonale ungefähr um 20° abweicht und sich der zweiten Spaltungsrichtung nähert. Die Richtung in welcher sich die geringste Härte zeigt steht senkrecht auf der der größten, ungefähr 14° gegen die dritte Spaltungsrichtung geneigt.

Der untersuchte Gyps war vom Mont Martre bei Paris. Bei einem andern Gyps aus der Gegend von Gotha war das Verhältniß der Gewichte in den verschiedenen Richtungen dasselbe, obgleich wegen der geringeren Härte dieses Minerals größere Gewichte angewandt werden mußten.

Bei dem gothaischen Gyps läßt sich in der Ebene der vollkommensten Spaltbarkeit (bei Anwendung des ersten Verfahrens) schon unter dem Druck eines Gewichts von 0,7<sup>gr</sup>, an dem vom Mont Martre aber in derselben Ebene erst bei einem Gewicht von 1,5<sup>gr</sup> ein Ritz entdecken. In der zweiten Spaltungsebene des weicheren Gypses, die ich hatte anschleifen lassen, nahm ich die erste Wirkung der Stahlspitze bei einem Gewichte von 1,5<sup>gr</sup> mit dem Auge wahr. Der härtere Gyps liefs sich nicht so schleifen, daß er eine andere als die Fläche der besten Spaltbarkeit dargeboten hätte, weil er unter dem Schleifen immer in kleine Stücke zerbröckelte.

Da die Stahlspitze durch härtere Mineralien leicht angegriffen wurde, so schärfte ich sie täglich, ehe ich Ver-

suche anstellte, an einem Schleifstein, bis sie den gothaischen Gyps bei einem Gewichte von 0,75<sup>er</sup> ritzte, und so glaube ich annehmen zu dürfen bei allen Versuchen stets eine gleiche Schärfe der Spitze gehabt zu haben.

### 3. Kalkspath.

Ich stellte die Versuche mit Kalkspath auf den Rhomboëderflächen an, die ich leicht durch Spaltung erneuern konnte, sobald sie durch Versuche rauh geworden waren. In diesen Flächen war der Unterschied des Widerstandes so groß, daß sich das zweite Instrument zur Beobachtung untauglich zeigte. Denn ehe ich die Spitze in der Richtung des größten Widerstandes fortbewegen konnte, schlug der ganze Apparat um, so daß ich zu dem ersteren Verfahren zurückkehrte. Mittelst dieses fand ich nun die größte Härte in der kürzeren Diagonale, wenn ich die Stahlspitze von der stumpfen Ecke des Rhomboëders nach der spitzen bewegte (0°) die geringste in derselben Linie aber in entgegengesetzter Richtung. In der größeren Diagonale geben beide Bewegungen dasselbe Resultat.

Die zum Ritzen nöthigen Gewichte sind folgende:

Bei 0° sind erforderlich: 12,87<sup>er</sup> 1)

- 15	-	-	12,25	-
- 30	-	-	11,12	-
- 45	-	-	9,87	-
- 60	-	-	9,17	-
- 75	-	-	8,87	-
- 90	-	-	7,50	-
- 105	-	-	6,75	-
- 120	-	-	6,80	-
- 135	-	-	6,10	-
- 150	-	-	5,20	-
- 165	-	-	3,90	-
- 180	-	-	3,50	-

1) Das Maximum und Minimum der gefundenen Gewichte war:

bei 0°	Max.	14,5	Min.	9
- 15	-	14	-	9
- 30	-	13	-	8,5
- 45	-	11,5	-	7,5 u. s. w.

Der Kalkspath, dessen ich mich zu diesen Versuchen bediente, war aus Island. An anderen Kalkspathen fand ich die geringste und grösste Härte in denselben Richtungen, weil sie aber härter waren, waren auch grössere Gewichte sie zu ritzen erforderlich. Z. B. beim Kalkspath aus der Gegend von Brilon in Westphalen ist das Verhältniss der Gewichte folgendes:

die grösste Härte wird überwunden durch 13,5<sup>gr</sup> (0°)  
 die geringste - - - - - 5,5 - (180°)  
 in der grösseren Diagonale sind erforderlich 8,0 - (90°)

Kalkspath aus Island von besonderer Härte gab folgende Gewichtszahlen:

bei 0° mußten aufgelegt werden 15,2<sup>gr</sup>  
 - 90° - - - - - 10,5 -  
 - 180° - - - - - 7,0 -

Diese durchaus sicheren Ergebnisse stimmen jedoch nicht mit dem was Frankenheim in seiner Abhandlung anführt, welcher die grösste Härte in den der grösseren Diagonale parallelen Linien gefunden haben will, die geringste in derselben wie ich <sup>1)</sup>). Dafs Frankenheim aber darin im Irrthum ist, läfst sich am besten durch folgenden von mir angestellten Versuch zeigen:

Ich befestigte den Kalkspath auf den Würfel, und drehte nun die Platte mit dem Krystall so, dafs die Spitze auf dem Krystall einen Kreis beschrieb. Nachdem ich nun ein gehöriges Gewicht aufgelegt, fand ich die tiefste Furche in der Kreisperipherie in der Richtung der kürzeren Diagonale nach der stumpfen Ecke zu, gar keine auf der gegenüberliegenden Seite der Peripherie, eine ganz schwache Furche aber in den beiden der längeren Diagonale parallelen Richtungen. Drehte ich den Krystall in entgegengesetzter Hichtung, so war auch das Resultat das entgegengesetzte.

Da dieser Versuch so deutlich und handgreiflich die grosse Verschiedenheit der Härte nach verschiedenen Richtungen darthut, so ist es zu bedauern, dafs die Flächen

1) Seite 337 des oben angeführten Buches.

an den Krystallen, welche große Härteunterschiede zeigen, zu klein sind, als daß sich derselbe an ihnen anstellen liefse.

#### 4. Flußspath.

Die geringsten Härteunterschiede scheinen in den Octaëderflächen des Flußspaths zu seyn. In den Würfelflächen aber fand ich (nach dem zweiten Verfahren) den größten Widerstand in den Diagonalen, den geringsten aber in den den Würfelkanten parallelen Richtungen. Um jedoch den Unterschied zu vergrößern, stellte ich die Versuche an, nachdem ich die Spitze mit 150<sup>gr</sup> beschwert hatte; dann waren die Zahlen der zur Fortbewegung der Spitze nöthigen Gewichte folgende:

bei 0° (welches die Richtung der Diagonale ist)	33,0 <sup>gr</sup> .
- 45°	24,3 <sup>gr</sup> .

So ergibt sich die geringste Härte in der Richtung der Diagonalen, die größte aber in den den Würfelkanten parallelen Linien.

Die angewandten Krystalle waren aus der Grafschaft Devonshire.

#### 5. Apatitspath (Moroxit).

Ich habe bis jetzt noch keinen Apatit erlangen können, der sich in der vollkommensten Spaltungsebene (senkrecht zur Axe des Krystalls) hätte schleifen lassen. Die Flächen der sechsseitigen Säule selbst waren sehr glatt, die durch die Spaltungsrichtung hervorgebrachten Risse hinderten aber, daß die Zahlen der zur Fortbewegung der Spitze auf dieser Fläche nöthigen Gewichte ganz sicher waren. Doch zeigte sich der Krystall (auf der Seitenfläche der Säule) weicher in der Richtung der Axe des Krystalls, welche senkrecht auf der Ebene der besten Spaltungsrichtung steht, härter dagegen in der Richtung der Spaltung selbst.

#### 6. Feldspath.

Die Feldspathkrystalle, deren ich mich bediente, waren so rauh und zerbrechlich, daß ich sie weder so anwenden

konnte, wie ich sie fand, noch durch Schleifen geeignet machen, die Härte an ihnen in verschiedenen Ebenen und nach verschiedenen Richtungen hin zu messen. Deshalb mußte ich mich dichter Steine bedienen, an denen sich natürlich keine Unterschiede dieser Art finden lassen konnten.

#### 7. Quarz.

Von diesem Mineral an muß die Stahlspitze mit dem Diamant vertauscht werden, mit dem aber die Versuche viel schwerer anzustellen sind. Es ist namentlich nöthig, daß die Spitze des Diamants vollkommen senkrecht auf die Krystallfläche drücke, somit die Fläche selber vollkommen horizontal liege, da die geringste Abweichung einen bedeutenden Gewichtsunterschied bedingt. Deshalb richtete ich die Krystallfläche des Quarzes und der härteren Mineralien dadurch horizontal, daß ich auf dieselbe eine größere Glas-  
tafel legte, und auf diese eine Libelle stellte. Nach solcher sorgfältigen Einstellung nahm ich nun wahr, daß der Krystall die geringste Härte in der Richtung der Axe hat, denn der größte Widerstand wurde überwunden (bei Anwendung der zweiten Verfahrungsweise) in der Richtung der Axe des Krystalls (die Spitze selbst war mit 200<sup>gr</sup> beschwert):

bei 0° durch ein Gewicht von 33,5 <sup>gr</sup>.

d. geringste - 90° - - - - - 17,45 -.

In der Fläche des primären Rhomboëders fand ich keinen Unterschied in der Härte nach verschiedenen Richtungen.

Die Krystalle waren aus Schlesien und von verschiedenen Bergen der Schweiz.

Ein anderes Ergebniss ist noch nicht hinlänglich geprüft, als daß ich es jetzt schon für ganz zuverlässig ausgeben könnte. Die Härte schien mir nämlich eine andere zu seyn in der Richtung der Säulenfläche, die zu einer oberen Rhomboëderfläche gehörte, von oben nach unten, als von dem unteren Ende zur Rhomboëderfläche hin, welcher Unterschied in der folgenden Säulenfläche der umge-

kehrte zu seyn schien. Diesen Umstand will ich jedoch in einer andern Abhandlung noch schärfer ins Auge fassen und tiefer zu ergründen versuchen.

#### 8. Topas.

Da ich nur kleine Topaskrystalle erhalten konnte, war es höchst schwierig die zu prüfende Fläche horizontal zu stellen; jedoch erhellet aus den Versuchen, daß die Ebene der Säulenfläche weicher ist in der Richtung der Axe der Säule, als in der auf ihr senkrechten Richtung und ferner daß die Ebene, welche die beste Spaltungsrichtung darbietet und auf der Krystallaxe senkrecht steht, weicher ist als die Seitenfläche der Säule.

Die Zahlen der zum Ritzen eines brasilianischen Topases nöthigen Gewichte sind folgende:

In der Hauptspaltungsfläche 42,5<sup>gr</sup>.

In der Seitenfläche der Säule (mittel) 45<sup>gr</sup>.

#### 9. Sapphir.

An den ausgezeichnetsten Sapphirkrystallen konnte ich keine Härteunterschiede entdecken, weder in verschiedenen Flächen noch nach verschiedenen Richtungen, obwohl die Form der Krystalle dem hexagonalen System angehört.

#### 10. Diamant.

Den Diamant konnte ich nicht ritzen.

#### Disthen (Cyanit).

Es sey mir gestattet noch einen Krystall hinzuzufügen, dessen Härteunterschiede auf verschiedenen Flächen schon Haüy aufgefunden hat<sup>1)</sup>, und die sich sehr leicht bemerken lassen; jedoch sind auch nach verschiedenen Richtungen derselben Fläche große Unterschiede leicht bemerkbar. Diese untersuchte ich zuerst in der Ebene der vollkommensten Spaltbarkeit, welche zugleich die größere Seitenfläche der von mir untersuchten Krystalle war. Ich fand

1) Haüy's Mineralogie. Paris und Leipzig 1806. Bd. 3, S. 276.



mittelst des ersten Instrumentes folgende Unterschiede, wenn  $0^\circ$  die der Axe der Säule parallele Richtung ist:

Mit der Diamantspitze ritzte ich

bei  $0^\circ$  durch ein Gewicht von 6,87<sup>gr. 1)</sup>

-  $15^\circ$  - - - - - 8,16 -

-  $30^\circ$  - - - - - 9,33 -

-  $45^\circ$  - - - - - 10,02 -

-  $60^\circ$  - - - - - 11,17 -

-  $75^\circ$  - - - - - 12,02 -

-  $90^\circ$  - - - - - 13,10 -

Das Maximum und Minimum des Widerstandes wurde bei dem zweiten Instrument, wenn die Spitze mit 30<sup>gr.</sup> beschwert war, überwunden:

bei  $0^\circ$  durch ein Gewicht von 42,2<sup>gr.</sup>

-  $90^\circ$  - - - - - 20,3 -

Die Unterschiede nach entgegengesetzten Richtungen sind so gering, daß sie die Grenzen der Beobachtungsfehler nicht überschreiten. Bei den kleineren Flächen meiner Säulen, die Haüy Lateralfächen nennt, sind die zum Ritzen nöthigen Gewichte folgende:

bei  $0^\circ$  war ein Gewicht nöthig von 12,13<sup>gr. 2)</sup>

-  $15^\circ$  - - - - - 14,33 -

-  $30^\circ$  - - - - - 16,14 -

-  $45^\circ$  - - - - - 19,35 -

-  $60^\circ$  - - - - - 22,20 -

-  $75^\circ$  - - - - - 24,17 -

-  $90^\circ$  - - - - - 26,30 -

Die

1) Das Maximum und Minimum der Gewichtszahlen in derselben Richtung war folgendes:

bei  $0^\circ$  Max. 7,5<sup>gr.</sup> Min. 6,0<sup>gr.</sup>

-  $15^\circ$  - - - 9,0 - 7,0

-  $30^\circ$  - - - 10,0 - 9,0

-  $45^\circ$  - - - 10,5 - 9,0

-  $60^\circ$  - - - 12,5 - 10,0

-  $75^\circ$  - - - 14,0 - 10,5

-  $90^\circ$  - - - 15,0 - 12,0

2) Der Unterschied der Zahlen auf dieser Fläche ist nicht größer als bei den Versuchen auf der andern Fläche.



Die Disthenkrystalle, deren ich mich bediente waren vom St. Gotthard.

Aus allen diesen Versuchen lassen sich nun folgende Gesetze ableiten:

Die Ursachen der gröfseren oder geringeren Härte in ein und derselben Krystallfläche sind die Spaltungsrichtungen. *Die Richtung, welche auf der Spaltungsrichtung senkrecht steht in der Fläche, welche die Spaltungsebenen durchschneiden, ist die weichste; die härteste Richtung im Krystall ist diejenige, welche den Spaltungsebenen parallel ist.* Wenn der Krystall von zwei Spaltungsrichtungen in einer Fläche durchschnitten wird, so nähert sich auf dieser Fläche die gröfsere Härte der besseren Spaltungsrichtung. Je geringer die Leichtigkeit ist, mit welcher sich ein Krystall spalten läfst, desto mehr verschwinden im Allgemeinen diese Härteunterschiede. Am Flufsspath und am Quarz sind sie, obgleich sehr gering, noch wahrnehmbar; am Topas konnte ich gewisse Unterschiede in derselben Fläche nicht entdecken. Es leuchtet nämlich ein, dafs bei Krystallen von grofser Härte, bei denen die Gränzen der Beobachtungsfehler zu weit auseinandergehen, diese kleinen Unterschiede, die ja natürlich geringer sind, als die an den ersten Krystallen der Reihe beobachteten Unterschiede, schwerer aufzufinden sind.

Alle oben angeführten Krystalle folgen diesem Gesetze. Beim Gyps nähert sich die gröfste Härte der Richtung der besseren Spaltbarkeit. Der Apatitspath folgt demselben Gesetze. Beim Quarz sind die Spaltungsrichtungen parallel den Flächen der Kernform, und deshalb habe ich die gröfste Härte in den Seitenflächen der Säule in der Richtung der Spaltbarkeit gefunden. Beim Disthen endlich ist die Ebene der besten Spaltbarkeit parallel der grofsen Säulenfläche, die Lateralfläche bietet also ein weiteres Beispiel für unser Gesetz dar. Die beiden anderen Spaltungsrichtungen des Disthen schienen mir gleich unvollkommen; nimmt man aber an, dafs die Spaltungsrichtung parallel der

Lateralfläche die unvollkommenste ist, so befolgt auch die größere Seitenfläche das oben angeführte Gesetz.

Von verschiedenen Flächen desselben Krystalls ist diejenige die härteste, welche von der Ebene der vollkommensten Spaltbarkeit durchschnitten wird. Wenn aber die mehrfache Spaltbarkeit von ganz gleicher Vollkommenheit ist und die verschiedenen Richtungen derselben dieselbe Stellung gegen alle Krystallflächen haben, so kann in den verschiedenen Flächen kein Unterschied wahrgenommen werden, sondern die Richtung der größten und geringsten Härte folgt in jeder Ebene demselben Gesetz, wie es durch die verschiedene Stellung der Spaltungsrichtungen bedingt ist.

Beim Gyps kann die Fläche der besten Spaltbarkeit sehr leicht gefunden werden; in dieser fand ich den Gyps weicher als in einer andern Fläche, die einer weniger vollkommenen Spaltungsrichtung entsprach. Der Disthen giebt ein Beispiel für dasselbe Gesetz, denn er spaltet sich am besten in der der weicheren Fläche parallelen Richtung, und ist also weicher in der von Häüy so genannten Lateralfläche. Eine andere minder vollkommene Spaltungsrichtung ist dieser Lateralfläche parallel, woraus erhält, daß die andere Säulenfläche, welche von dieser unvollkommeneren Spaltungsrichtung geschnitten wird, die weichere seyn muß. Weder beim Flussspath noch beim Kalkspath fand ich Härteunterschiede in den verschiedenen Krystallflächen, weil sie in allen Richtungen ihrer Spaltbarkeit gleich leicht spaltbar sind.

Noch ein Unterschied ist zu erwähnen, der am Kalkspath sehr leicht aufzufinden ist: der Unterschied in der entgegengesetzten Richtung desselben Weges. Wenn nämlich die Richtung einer vorzüglichen Spaltbarkeit nicht senkrecht auf der Untersuchungsfläche steht, so ist stets der Winkel, welchen die Spaltungsrichtung mit der Untersuchungsfläche bildet, von großer Bedeutung. Wenn wir den Krystall aus ihm selbst ähnlichen Theilchen uns zusammengesetzt denken, so setzen sich entweder die Schichtungen des Krystalls der Spitze entgegen, oder die Spitze überspringt sie,

wenn sich ihr der spitze Winkel der Schichtungen darbietet. Von dieser Erscheinung giebt der Kalkspath das trefflichste Beispiel; denn bei ihm setzt diese Schichtung der Theilchen der Spitze den größten Widerstand in der Richtung der kürzeren Diagonale von der spitzen Ecke aus nach der stumpfen entgegen, den geringsten in der entgegengesetzten Richtung. In der längeren Diagonale ist kein Unterschied der Härte nach den entgegengesetzten Richtungen, weil dieselbe gegen die eine Spaltungsrichtung unter einem spitzen, gegen die andere unter einem stumpfen Winkel geneigt ist, woraus folgt, daß das Resultat in entgegengesetzter Richtung dasselbe seyn muß; in der kürzeren Diagonale dagegen werden beide Spaltungsrichtungen das eine Mal unter einem spitzen, das andere Mal unter einem stumpfen Winkel geschnitten. In allen anderen Linien leistet der Krystall den größeren Widerstand in der Richtung von der spitzen Kante aus zur stumpfen, in welcher Richtung er also weicher ist (denn die Spitze ritzt ihn schon bei einem geringeren aufgelegten Gewicht), den geringsten Widerstand leistet er in entgegengesetzter Richtung.

Bei anderen Krystallen des rhombischen, klinorhombischen und hexagonalen Systems, die ich untersucht habe, ist die Richtung der Spaltungsebenen zwar eine ähnliche, jedoch sind bei ihnen nicht so große Unterschiede wie beim Kalkspath bemerkbar, wegen der größeren Härte der Krystalle. Beim Quarz habe ich die Unterschiede angedeutet, beim Talk wegen der oben angeführten Gründe nicht gefunden.

## II. Directe Vergleichung der Härte der Mineralien.

Ich gehe jetzt zu den Versuchen über, durch die ich auf den ersten Theil dieser Abhandlung geführt wurde. Die Aufgabe, die ich mir gestellt hatte, war: die Härte der Mineralien so zu messen, daß Zahlen das Verhältniß der Härten der einzelnen Mineralien zu einander erkennen lassen. Die folgende Tabelle enthält diese Verhältnisse. Sie giebt die mittleren Zahlenwerthe, das Maximum und Mini-

mun ist, da es im ersten Theile genügsam behandelt ist, hier weggelassen. Es wurden so lange Gewichte auf die Gewichtstafel gelegt, bis durch eine Lupe ein Ritz auf der Fläche des Minerals sichtbar wurde. Wenn die natürliche Fläche des Minerals nicht glatt genug war, so liefs ich sie anschleifen. So oft diefs geschehen, ist es in beigetzten Klammern bemerkt. Ausserdem wandte ich noch die Vorsicht an, dafs ich die Versuche immer bei heiterem Himmel anstellte, damit nicht der Wechsel der Helligkeit einen Irrthum veranlasse.

	Mit der Stahlspitze.	Mit dem Diamant.	Die Unterschiede sind verschwindend.		
Gyps	<div> <div>von Wernigerode</div> <div>aus der Gegend von Gotha</div> <div>vom Mont Martre</div> </div>	<div> <div>1,1<sup>gr.</sup></div> <div>2<sup>gr.</sup> 1)</div> <div>7,9<sup>gr.</sup></div> </div>	<div> <div>1,5<sup>gr.</sup></div> <div></div> <div></div> </div>		
Kalkspath	<div> <div>von Island</div> <div>- -</div> <div>von Brilon</div> </div>	<div> <div>7,9<sup>gr.</sup></div> <div>10,1<sup>gr.</sup></div> <div>9,0<sup>gr.</sup></div> </div>	<div> <div>9,0<sup>gr.</sup></div> <div></div> <div></div> </div>		
Fluorspath aus Devonshire	(geschliffen)		36 <sup>gr.</sup>		
Apatitspath (von New-York)			163 <sup>gr.</sup>	12 <sup>gr.</sup>	
Feldspath	<div> <div>aus Schlesien</div> <div>aus Labrador</div> </div>	<div> <div>283<sup>gr.</sup></div> <div>236<sup>gr.</sup></div> </div>	<div> <div>260<sup>gr.</sup></div> <div>195<sup>gr.</sup></div> </div>	<div> <div>215<sup>gr.</sup></div> <div>195<sup>gr.</sup></div> </div>	<div> <div>20<sup>gr.</sup></div> <div></div> </div>
	(geschliffen)				
Quarz	<div> <div>aus Schlesien</div> <div>aus der Schweiz</div> </div>		<div> <div>33<sup>gr.</sup></div> <div>35<sup>gr.</sup></div> </div>	<div> <div>34<sup>gr.</sup></div> <div></div> </div>	
	(geschliffen)				
Topas	<div> <div>aus Brasilien</div> <div>aus Sachsen</div> </div>		<div> <div>44<sup>gr.</sup></div> <div>42<sup>gr.</sup></div> </div>	<div> <div>43<sup>gr.</sup></div> <div></div> </div>	
	(geschliffen)				
Sapphyr	<div> <div>aus Thilet</div> <div>aus China</div> <div>von Ceylon</div> </div>			<div> <div></div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div></div> <div></div> <div>51<sup>gr.</sup></div> </div>
	(geschliffen).				

Die Stahlspitze selbst wurde bei einem Gewicht von 23<sup>gr.</sup> von dem Diamanten geritzt.

- 1) Ich habe ein größeres Gewicht hier angegeben, als ich in der unersuchten Fläche gefunden habe, denn es ist kein Grund vorhanden zu der Annahme, dafs in dem Gyps vom Mont Martre die Härte in der Ebene, die ich der Zerbrechlichkeit des Minerals wegen nicht erhalten konnte, nicht gröfser sey als in einer Fläche der besten Spaltbarkeit, da ja alle andern Härteverhältnisse für den Gyps aus Gotha und vom Mont Martre dieselben sind.

Ich füge einige Beispiele anderer Mineralien hinzu, aus denen sich abnehmen läßt, wie genau diese Verfahrungsart ist.

		Nach Mohs.
Alaun (Ungarn)	0,9 <sup>gr.</sup> (Stahlspitze)	2,0
Honigstein (Artern)	7,5 <sup>gr.</sup>	2,0 — 2,5
Diopas (Kirgisensteppe)	115 <sup>gr.</sup>	5,0
Diopsid	205 <sup>gr.</sup>	5,0 — 6,0
Pistazit	24 <sup>gr.</sup> (Diamant)	6,0 — 7,0
Zirkon (Ural)	38,5 <sup>gr.</sup>	7,5
Turmalin (Brasilien)	39,5 <sup>gr.</sup>	7,0 — 7,5
Beryll (Nertschinsk)	43 <sup>gr.</sup>	7,5 — 8,0.

Erst nachdem ich mit meinen Versuchen fast zu Ende gelangt, fiel mir die Dissertation von Seebeck im Programm des berlinischen Realgymnasium vom Jahre 1833 in die Hand. Ich fand hierin mein erstes Verfahren angewandt; allein die Einrichtung des Seebeck'schen Instruments scheint mir nicht so zweckmäfsig als die des meinigen, was sehr deutlich daraus erhellt, dafs am Kalkspath Seebeck die geringste Härte nicht in derselben Richtung wie ich, beobachtet hat; die Richtigkeit meiner Beobachtung mir aber durch den oben beschriebenen Versuch mit dem Kreise auf das unwidersprechlichste dargethan zu seyn scheint.

Seebeck's Angaben sind folgende:

In der Richtung von	0°	erscheint der erste Strich bei	39 <sup>gran</sup>
- - - - -	20°	- - - - -	34 -
- - - - -	39°	- - - - -	26 -
- - - - -	51°	- - - - -	23 -
- - - - -	70°	- - - - -	22 -
- - - - -	90°	- - - - -	14 -
- - - - -	110°	- - - - -	17 -
- - - - -	129°	- - - - -	17 -
- - - - -	141°	- - - - -	23 -
- - - - -	160°	- - - - -	28 -
- - - - -	180°	- - - - -	31 -

0° entspricht bei dieser Tabelle meinem früheren 0°

Auch mit Frankenheim's Angaben streiten die Seebeck'schen; denn Frankenheim will die größte Härte in der Richtung der größeren Diagonale gefunden haben, die geringste in derselben wie ich. In der Richtung aber in der ich die größte Härte gefunden habe, soll, nach Frankenheim, eine Härte seyn, die fast der nach den längeren Diagonalen gleich ist. Die größte Härte findet sich also nach Seebeck in derselben Richtung, in der ich sie gefunden habe; in der Richtung, in welcher Frankenheim die größte Härte gefunden hat, hat Seebeck die geringste, ich die mittlere gefunden; wo endlich, wie ich gezeigt habe, die geringste Härte ist, hat Seebeck die mittlere gefunden, während Frankenheim mit mir übereinstimmt.

Seebeck hat an keinen Krystallen als nur am Kalkspath und Gyps Versuche angestellt. Am Gyps fand er bei seinem Verfahren keine Unterschiede, wie auch ich nicht.

So viel glaube ich dargethan zu haben, daß durch das von mir angestellte Verfahren die Härte der Mineralien viel genauer, wenn auch mehr Mühe erforderlich ist, bestimmt werden kann, als durch das Verfahren von Mohs, das wir bis jetzt zur Messung der Härte angewandt haben.

Die auf der Kupfertafel II. vorhandenen Zeichnungen Fig. 1 und 2. zeigen die angewandten Instrumente.

Fig. 3. macht die Kreise anschaulich, die durch das Drehen des Kalkspaths nach entgegengesetzter Richtung auf dem Krystall bemerklich werden.

Fig. 4. Wenn man die Härte den Gewichten, die zum Ritzen des Minerals nöthig sind, proportional setzt, so kann man das Verhältniß der Härte durch eine Curve darstellen, deren *Radii vectores* den Gewichten entsprechen. Diese Curve ist für den Kalkspath in Fig. IV. dargestellt: *ab*, wenn *S* die stumpfe, *S'* die spitze Rhomboëderecke ist. Construiert man auf dieselbe Weise nach Seebeck's Zahlen die Härtecurve des Kalkspaths, so ist dieselbe *ac*, wobei der Pol *p* und der *Radius vector* der

größten Härte *pa* dieselben geblieben sind. Frankenheim's Resultate lassen die Construction einer Curve nicht zu, da sie der Zahlenwerthe entbehren.

Fig. 5. *ab* stellt dieselbe Curve für Disthen dar auf der weicheren Säulenfläche bei Vernachlässigung der kleinen beim Disthen oben erwähnten Unterschiede nach entgegengesetzten Richtungen. Vernachlässigt man diese Unterschiede nicht, so entsteht *cd*.

### III. Ueber die Ausdehnung des Quecksilbers durch die Wärme; von Hermann Militzer, Dr. phil. in München.

In den Erfahrungswissenschaften treten uns außer den allgemeinen Systemen und Hypothesen, unter deren Herrschaft wir eine ganze Reihe von Erscheinungen zusammendrängen, auch noch eine gewisse Anzahl constanter Größen entgegen, die in Beziehung auf jene eine doppelte Bestimmung zu erfüllen haben. Einerseits nämlich dienen sie jenen Theorien gewissermaßen als Basen, die man überall bei ihrem Auftreten als bekannte Größen behandelt, und auf die gestützt, man sich einem vorgesteckten Ziele zu nähern sucht; andererseits sind sie selbst als Bausteine zu betrachten, die in hinreichender Menge gesammelt und nach ihrem inneren Zusammenhange geordnet, die Erschaffung einer neuen Theorie möglich machen. In letzterer Beziehung gehören sie in der Regel nur einem einzelnen, mehr oder weniger speciellen, Zweige der Wissenschaft an, während ihre erstere Eigenschaft in manchen Fällen sie uns in den heterogensten Doctrinen vor die Augen bringt.

Der Coëfficient der Ausdehnung des Quecksilbers durch die Wärme nimmt als solcher für sich betrachtet durchaus



keinen hervorragenden Rang ein unter den analogen Zahlen, die man sich von den verschiedenartigsten Körpern der Aussenwelt zu verschaffen wufste, theils um ihrer selbst willen, theils in der Hoffnung durch ihre Vermittelung einen etwaigen Aufschluss über das Wesen der Wärme und ihr Verhältniß zur Materie zu erhalten. Bei weitem wichtiger wird derselbe durch die ungemein häufigen Anwendungen, welche das Quecksilber in allen Zweigen der messenden Physik — im weitesten Sinne des Wortes — findet, und bei denen man diese Zahl immer als bekannt vorauszusetzen genöthigt ist. Man findet deshalb auch in den Jahrbüchern der Wissenschaft eine große Anzahl von Bemühungen, sich die Kenntniß dieser Zahl zu verschaffen, die auf verschiedenen Wegen versucht, auch verschiedene Annäherungen an die Wahrheit zur Folge hatten, und deren Resultate deshalb unter sich auch nicht unbeträchtliche Abweichungen zeigen. Wir werden weiter unten Gelegenheit haben, auf dieselben etwas näher einzugehen.

Die Annäherung an die Wahrheit geschieht in den Erfahrungswissenschaften sprungweise. Eine Gröfse gilt so lange für richtig, als die übrigen Elemente, mit denen sie zu concurriren hat oder ihre Anwendungen bei anderen Untersuchungen eine gröfsere Genauigkeit noch nicht fordern als die ist, welche man sich von der, zur Bestimmung dieser Gröfse, angewendeten Methode versprechen kann. Ist diese Gränze einmal erreicht, und beabsichtigt man dennoch, die Genauigkeit einer Bestimmung noch weiter zu treiben, so bleibt nichts Anderes übrig, als vor Beginn der eigentlich beabsichtigten Untersuchung erst eine neue Bestimmung aller vorkommenden Hilfsgrößen vorzunehmen.

Vorliegende Untersuchung hat zunächst den Grund ihres Entstehens in einer solchen mathematischen Nothwendigkeit zu suchen.

Der jetzige k. k. Ministerialrath etc. Hr. Dr. v. Steinheil beschäftigte sich seit längerer Zeit mit der Herstellung eines Normal-Gewichtes und -Maafses für das Königreich Baiern. Er liefs zu dem Ende in seiner mechani-



schen Werkstätte namentlich eine Waage anfertigen, deren außerordentlich vollkommene Construction ihm erlaubt, in allen ihren Anwendungen eine ganze Ordnung in der Genauigkeit weiter zu gehen, als seither möglich war. Es drängte sich deshalb die Nothwendigkeit auf, auch alle Hülfsgrößen, unter denen sich auch die Ausdehnung des Quecksilbers durch die Wärme — namentlich innerhalb der bei den Wägungen stattfindenden Temperaturen zwischen  $0^{\circ}$  und  $20^{\circ}$  des hunderttheiligen Thermometer — befindet, mit größerer Sorgfalt zu bestimmen. Hr. etc. Dr. v. Steinheil veranlafte mich nun zur Durchführung dieser speciellen Untersuchung, wozu er mir mit der zuvorkommendsten Liberalität die Benutzung eines Apparats gestattete, den er eigends zu diesem Zwecke construirt hatte; es möge mir deshalb erlaubt seyn, Denselben hier meinen Dank öffentlich auszusprechen.

Wir wenden uns nun zum Gegenstande dieser Untersuchung selbst.

### §. 1.

Die zur Bestimmung des Ausdehnungscoëfficienten des Quecksilbers bisher angewandten Methoden zerfallen in zwei Categorien, je nachdem sie nämlich dem Beobachter die Kenntnifs der relativen oder absoluten Ausdehnung verschaffen. Die Bestimmungsarten der ersten Gattung bestehen sämmtlich darin, dafs man entweder die Aenderung des Volumens einer constanten Menge Quecksilbers bei einer Aenderung der Temperatur mißt, oder dafs man das Gewicht des Volumen Quecksilbers bestimmt, welches ein Gefäfs bei einer bestimmten Temperatur zu fassen vermag. Man sieht augenblicklich, dafs diese beiden Verfahrensarten die Kenntnifs der Ausdehnung des Körpers voraussetzen, aus dem die angewandten Gefäße bestehen, und dafs die erstere auch noch eine genaue Calibrirung des Gefäßes fordert. Alle, mir bekannten, auf diesem Wege erhaltenen Beobachtungen sind in thermometerähnlichen Gefäßen von Glas vorgenommen worden. Einzelne Beobach-

ter, wie z. B. Lalande und Delisle, berücksichtigten die gleichzeitige Ausdehnung des letzteren gar nicht; ihre Resultate sind also nur Bestimmungen des relativen Ausdehnungscoefficienten. Andere nahmen allerdings die Ausdehnung des Glases in Rechnung; Regnault zeigte aber neuerdings durch directen Versuch, daß dieselbe nicht nur von der Glassorte abhängig ist, sondern selbst mit der Gestalt des Glasgefäßes sich ändern, so daß die auf diesem Wege gefundenen Zahlen zu sehr den Charakter des speciellen Versuches an sich tragen, als daß man ihnen unbedingt allgemeine Gültigkeit beilegen könnte. Außerdem stehen sie den durch die unten folgenden Methoden gefundenen schon aus dem Grunde nach, weil sie sich auf eine größere Anzahl von Hilfsgrößen stützen. Indessen haben sorgfältige Experimentatoren doch auf diesem Wege sehr brauchbare Resultate abgeleitet, wie dies z. B. der von Hällström gefundene Ausdehnungscoefficient beweist.

Die sonst zur Bestimmung der absoluten Ausdehnung tropfbarer Flüssigkeiten häufig angewendete Methode, daß man einen bekannten Körper bei verschiedenen Temperaturen in der Flüssigkeit selbst abwägt und seinen jedesmaligen Gewichtsverlust bestimmt, setzt ebenfalls die Kenntniss des specifischen Gewichtes und des Ausdehnungscoefficienten des eingetauchten Körpers voraus. Es ist deshalb auch ihr in Hinsicht der größeren Einfachheit und Selbstständigkeit der erhaltenen Resultate das nun folgende Verfahren vorzuziehen, welches sich auf die Wahrnehmung stützt, daß die Höhe der Quecksilbersäule im Barometer bloß Function des Luftdruckes und der Temperatur, dagegen — abgesehen von der Reibung des Quecksilbers gegen die Gefäßwände und der etwaigen Aenderung des Einflusses der Adhäsion, Capillardepression u. s. w. bei einer Variation der Temperatur — durchaus unabhängig von der Form des Gefäßes und ihren Aenderungen bei wechselnden Temperaturen ist. Man benutzte diese Bemerkung so gleich in der Art, daß man die Barometerhöhe zuerst in schmelzendem Schnee und dann in siedendem Wasser be-

stimmte, und die Differenz der beiden Höhen als Wirkung der Wärme betrachtete. Zuerst dürfte dieses Verfahren von de Luc angewendet worden seyn. Man kann aber gegen das von ihm gefundene Resultat einwenden, daß sich während der Dauer der Beobachtung der Luftdruck geändert haben kann, worauf er keine Rücksicht genommen zu haben scheint, und zweitens ist dasselbe noch von der Individualität des gebrauchten Barometers nicht befreit. Um der ersteren Entgegnung auszuweichen nahm Roy zwei Barometer, deren Höhen er gleichzeitig maß, während das eine in schmelzenden Schnee, das andere in siedendes Wasser getaucht war; natürlich gewinnt aber der zweite der obigen Einwürfe gegen dieses Verfahren um so mehr an Kraft.

Dulong und Petit, für welche eine genaue Kenntniß dieses Ausdehnungscoëfficienten bei ihrer großen Untersuchung über das Erkalten der Körper von besonderer Wichtigkeit war, fühlten diese Mängel und erhielten auf einem ihnen eigenthümlichen Wege eine Bestimmung, welche sich allgemeinen Eingang verschafft hat und seither als die fundamentale betrachtet wurde. Ihr Verfahren stützt sich auf den hydrostatischen Satz, daß, wenn zwei Flüssigkeitssäulen durch eine Röhre mit einander communiciren, die Höhen dieser Säulen im umgekehrten Verhältnisse ihrer Dichtigkeiten stehen. Ist man daher im Stande, beide Säulenlängen genau zu messen, während die eine von beiden in schmelzendem Schnee, die andere in einer andern bekannten Temperatur sich befindet, so kann man leicht die gesuchte absolute Ausdehnung aus dieser Beobachtung ableiten. Beide oben genannte Gelehrte construirten deshalb einen Apparat, der zuerst von Boyle vorgeschlagen wurde, und dessen Hauptbestandtheil zwei verticale, mit Quecksilber gefüllte Glasröhren bildeten, die durch eine horizontale von viel engerem Durchmesser verbunden waren. Der eine der beiden verticalen Schenkel wurde beständig durch schmelzendes Eis auf einer sehr niederen Temperatur erhalten, während der andere in einem Oelbade stand,

dem man durch einen mantelförmigen Ofen jeden beliebigen Wärmegrad bis zur Siedhitze des Oeles ertheilen konnte. Die Röhren waren nur so weit mit Quecksilber gefüllt, daß ihr oberes Niveau zur Ablesung eben noch über die umgebende Flüssigkeit hervorragte, was bei dem erwärmten Schenkel dadurch erzielt wurde, daß man mittelst einer Pipette demselben Quecksilber entnahm oder noch zugs. Die Messung der Säulenlängen geschah mit Hülfe eines Fernrohres, das an einer verticalen Säule in azimuthalem und verticalem Sinne bewegt werden konnte. Neben dem in Eis getauchten Schenkel stand ein Metallstab, der in bekannter Höhe eine Marke trug, von der an dann an der verticalen Säule abwärts der Ueberschufs ihrer Höhe über der der beiden Quecksilberspiegel mittelst eines Verniers gemessen wurde. Die Bestimmung der Temperaturen geschah durch Quecksilber- und Luftthermometer. Im Eisbade wurden blos Quecksilberthermometer benutzt, zur Angabe der Temperatur des erwärmten Oeles aber Instrumente beiderlei Art. Die Glasröhre nebst dem Träger der Marke waren auf einer Eisenplatte befestigt, welche durch Libellen horizontal gestellt wurde. Der Comparator war auf einem gemauerten Pfeiler aufgestellt.

So sehr auch dieser Apparat den vorerwähnten vorzuziehen ist, so lassen sich doch auch gegen ihn und das mittelst desselben erhaltene Resultat mehrere Einwendungen erheben. Fürs Erste könnte letzteres nicht ganz frei von dem Einflusse der Capillarität und Adhäsion des Quecksilbers am Glase seyn. Dulong und Petit ließen zwar die verticalen Schenkel sich oben erweitern, um diesem Fehler zu entgehen, geben aber keine Dimensionen an, so daß man nicht mit Sicherheit behaupten kann, er sey gänzlich vermieden. Eine gleichmäßige Vertheilung der Temperaturen in jedem Schenkel dürfte nach dem angewandten Verfahren ebenfalls nicht vorhanden gewesen seyn. Jeder der beiden Schenkel hatte eine Länge von 0<sup>m</sup>,54. Der kalt erhaltene war mit geflossenem Eise umgeben und seine Temperatur wurde als Null betrachtet. Jede Thermome-

tervergleichung in geflossenem Eise giebt aber zu der Wahrnehmung Gelegenheit, dafs in dem Gemische bedeutende und unregelmäfsige Wärmeschwankungen eintreten, wenn ein Theil des Eises schon zu Wasser geworden ist, was hier, wegen der grofsen Nähe des bis zu  $300^{\circ}$  erhitzten Ofens, gewifs bald eintreten mufste. (Mit einer Abflufsöffnung für das geschmolzene Eis war der Behälter nicht versehen.) Bei dem erwärmten Schenkel giebt die Operation des Zugiefsens von neuem Quecksilber „einige Augenblicke vor der Ablesung“ Anlafs zu einem ähnlichen Bedenken. Der Durchmesser des oberen Endes der verticalen Röhre übertraf bedeutend den des übrigen Theiles, so dafs das zugegossene Volumen Quecksilber im Verhältnifs zur ganzen, den Schenkel ausfüllenden, Menge wohl nicht ganz unbedeutend war, und daher in der ihm gegebenen kurzen Zeit kaum die Temperatur des übrigen Quecksilbers angenommen haben wird. Viel wesentlicher mufs aber die Wirkung der allmäligen Mischung seyn, welche nothwendig zwischen dem kalten Quecksilber des einen und dem erhitzten des anderen Schenkels durch die horizontale Verbindungsröhre stattfinden mufs. Diese letztere war so weit, dafs „die Reibung des Quecksilbers gegen die Wände nicht hinderte, dafs sich das Niveau nach gestörtem Gleichgewichte wiederherstellte“. Sie wird folglich auch der eben erwähnten langsamen Mischung kein Hindernifs in den Weg gelegt haben, und daher die Temperatur der beiden Quecksilbersäulen nicht unbeträchtlich von der des umgebenden Mediums, welche allein betrachtet wurde, verschieden gewesen seyn.

Die Messung der Säulenlängen selbst war ebenfalls nicht mit der erforderlichen Genauigkeit möglich. Dulong und Petit geben die Höhe der beiden Quecksilberspiegel über der Axe der horizontalen Röhre an. Diese Axe darf aber offenbar nur als Nullpunkt der Zählung betrachtet werden bei zwei in hydrostatischem Gleichgewichte befindlichen Flüssigkeitssäulen, eine Bedingung, die nach dem Vorhergehenden gewifs nicht erfüllt war, so dafs die Annahme

des Anfangspunktes der Zählung etwas Willkürliches enthält, da man nicht im Stande ist anzugeben, von welchem Punkte an in jedem Augenblicke die eine Säule gemessen werden müsse, um mit der andern im Gleichgewicht zu seyn. Ein kleiner Fehler könnte sich auch durch die Art der Messung von der Marke abwärts bis zu jedem Niveau eingeschlichen haben, indem sowohl der Träger derselben, als auch die Eisenplatte, auf der letzterer nebst der Glasröhre befestigt war, der Wirkung der Ofenwärme, die zum Erhitzen des Oeles diente, ausgesetzt waren.

Bei weitem der wesentlichste Einwand aber, der gegen die Gültigkeit des Dulong'schen Ausdehnungscoëfficienten erhoben wurde, rührt von Poggendorff her, und findet sich in seinen Annalen für Physik und Chemie, (Bd. XXXI., S. 467). Die betreffende Stelle heisst:

„— Dulong und Petit machten ihre Bestimmung der wahren Ausdehnung des Quecksilbers abhängig von Gay-Lussac's Angabe über die Ausdehnung der Luft. Sie leiteten nämlich aus den Angaben des Luftthermometers die Temperaturen mittelst des Coëfficienten 0,00375 ab, von dem wir jetzt durch Rudberg's sorgfältige Versuche wissen, daß er für trockene Luft (oder richtiger für Luft in einem wohl getrockneten Gefäße) fehlerhaft ist. Ihre Temperaturen, und mithin auch ihre Angaben über die wahre Ausdehnung des Quecksilbers, sind folglich nicht ganz richtig, sobald sie, was zu vermuthen ist, ihr Luftthermometer und die Luft darin wohl getrocknet hatten. Leider giebt ihre Abhandlung über diesen letzten Punkt keine Gewissheit, ja es ist selbst zweifelhaft, ob man unter den Temperaturen wahre oder scheinbare Volume der Luft zu verstehen habe. Sind die Temperaturen durch die wahren Volume einer wohl getrockneten Luftmasse gemessen, so würde ihr Grad 100 etwa dem Grade 102,7 nach richtiger Scale entsprechen, und die wahre Ausdehnung des Quecksilbers für den richtigen Grad 100 würde statt  $\frac{1}{55,5}$  ungefähr  $\frac{1}{57}$  seyn“.

Da nun unglücklicherweise diese beiden Gelehrten ihre Originalbeobachtungen nirgends mitgetheilt haben, so ist es unmöglich, an ihrem Ausdehnungscoefficienten die durch die neue Bestimmung der Ausdehnung der Luft nöthig gewordene Aenderung vorzunehmen. Es dürfte daher die Wichtigkeit des Gegenstandes der Mittheilung folgender neuen Bestimmungen zur genügenden Entschuldigung dienen.

## §. 2.

Es bestehen diese Beobachtungen in den gleichzeitigen Ablesungen zweier, in verschiedene Temperaturen gebrachten Barometer, durch deren zweckmäßige Combination sich alle von der Individualität des gebrauchten Apparates herührenden Einflüsse eliminiren, und folglich der gesuchte Ausdehnungscoefficient ganz streng bestimmen läßt. (Es versteht sich, daß unter der Elimination fremdartiger Einflüsse nur die Berücksichtigung derjenigen physikalischen Ursachen gemeint seyn kann, deren Wirkung die vorgeetzten Fehlergränzen an GröÙe nicht übertrifft).

Die Hauptbestandtheile des angewandten Apparates bildeten zwei sorgfältig ausgekochte, mit chemisch reinem Quecksilber gefüllte, Barometer und ein Längencomparator. Jeder dieser drei Theile ist von den beiden andern und dem Fußboden unabhängig aufgestellt. Es waren nämlich durch eiserne Klammern drei starke hölzerne Träger an eine 2 Fuß dicke Mauer befestigt, von denen der mittlere für den Comparator gehörte; die beiden übrigen, links und rechts in gleicher Entfernung — etwa 20 par. Zoll — von ihm befindlichen, trugen zwei ungefähr 3 Fuß lange, 3,5 Zoll weite Röhren von Weißblech, welche in ihren Trägern durch Correctionsschrauben senkrecht gestellt und in genau gleiche Entfernungen vom Comparator gebracht werden konnten. Sie wurden mit einer dicken Lage von Baumwollenwatte und über dieser noch mit Wachstuch umhüllt, um das in ihnen befindliche Wasser auf möglichst constanter Temperatur zu erhalten. Beide Röhren waren zu dem Ende auch noch unten mit Hähnen versehen, während über



ihnen zwei Behälter — für warmes und kaltes Wasser — angebracht waren, aus denen ihr Wasser beständig erneuert werden konnte. Das Reservoir für das Eiswasser war zur Erhaltung der Temperatur ebenfalls mit einer sehr dicken Lage von Baumwollenwatte und Wachstuch auf allen Seiten eingehüllt.

Die gebrauchten Barometer waren Heberbarometer, nur mit der veränderten Einrichtung, daß der kürzere Schenkel vom unteren Niveau an geradlinig fortgesetzt war, und den andern noch 6 Zoll an Länge übertraf. Diese Abänderung war nöthig, weil die Barometer bei der Beobachtung ganz in die eben beschriebenen, mit Wasser gefüllten, Röhren eingesetzt werden mußten. Das innere Caliber betrug in der Gegend der beiden Quecksilberkuppen 4,5 par. Lin. bei 0,25 Lin. Glasdicke. Die Verbindungsröhre war zur Verminderung der Quecksilbermenge beträchtlich enger und hatte nur einen Durchmesser von 1,6 Lin. und 0,7 Lin. starke Wände. Vom unteren Niveau an blieb bis zum Ende der Röhre das Caliber ungeändert 4,5 Lin. Der offene Schenkel war mittest seiner Verlängerung sorgfältig in einer hölzernen Zwinge befestigt, welche bei der Beobachtung diametral über einen starken, das obere Ende der Blechröhre umgebenden, Messingring gelegt wurde; es war dann in dieser Lage das Barometer ganz in das Wasser getaucht. In derjenigen Gegend der Röhren, in der sich das obere und untere Niveau des Barometers befand, waren einander gegenüber viereckige Oeffnungen zur Ableitung angebracht, welche wasserdicht durch Platten von 4 Lin. starkem, geschliffenen Spiegelglase verschlossen waren.

Der Längencomparator bestand aus einem 3 Fuß langen, 14 Lin. starken, an den Enden conisch auslaufenden Stahlcylinder, dessen unteres Ende auf einem Messingwürfel ruhte, der in einer starken Eichenplatte befestigt war, während das obere in der Axe einer Schraube lag, welche durch einen starken Träger von Eichenholz ging. Die Schraube konnte in horizontalem Sinne nach allen Seiten etwas verschoben, dadurch die Stahlsäule genau vertical ge-



gestellt, und durch Anziehen oder Nachlassen der Schraube der Drehung der Säule um ihre Axe der rechte Grad von Leichtigkeit gegeben werden. War beides erreicht, so wurde die Schraube mittelst einer Mutter, welche eine, die Schraubenspindel eng umschließende, Platte gegen den hölzernen Träger drückte, festgestellt. In azimuthalem Sinne konnte die Stahlsäule durch eine, an ihrem oberen Ende befindliche, Klemmschraube von gewöhnlicher Einrichtung festgehalten werden. An dieser Säule nun konnte ein hülsenförmiges Metallstück auf und nieder bewegt werden, jedoch ohne Drehung um die Axe der Säule, welches als Träger eines Niveaus, eines astronomischen Fernrohrs und eines Mikroskops diente, und dessen unteres Ende aus einer genauen, etwa 30 Umgänge zählenden Mikrometerschraube von Stahl bestand. Diese letztere war, wie der Metallschlitten, dessen untere Hälfte sie bildete, selbst centrisch durchbohrt, so daß ihre Axe mit der des Stahlcylinders zusammenfiel, und ihre Mutter endigte nach unten auch wieder in eine schwach conische Schraubenspindel, welche, auf gleiche Weise durchbohrt, die Stahlsäule ebenfalls hülsenförmig umgab und als Klemme für den ganzen Schlitten diente. Sie war zu dem Ende von unten nach oben bis zur Hälfte ihrer Länge viermal aufgeschnitten, so daß ihre federnden Quadranten durch einen als Schraubenmutter dienenden Klemmring fest gegen die stählerne Säule gedrückt, und so das ganze Metallstück an jeder beliebigen Stelle festgehalten werden konnte. Es wurden in Folge dieser Einrichtung die größeren Bewegungen des eben erwähnten Schlittens durch bloße Verschiebung aus freier Hand vorgenommen, während die feineren mit Hülfe der eben beschriebenen Klemmvorrichtung und der Mikrometerschraube vollzogen und gemessen wurden. Die Stahlsäule selbst war in ihrer ganzen Länge von oben nach unten in willkürliche, jedoch gleiche Theile getheilt. Nach einer sechs Mal wiederholten Vergleichung mit der Scale eines Barometers war der mittlere Werth eines solchen Theiles = 0,279 par. Lin.

Das oben erwähnte mit den gewöhnlichen Corrections-schrauben versehene Niveau diente in der bekannten Weise zum Verticalstellen der Säule. Einer seiner Theile entsprach einem Winkel von  $3''{,}4$ . Das Mikroskop und Ablesungsrohr waren jedes mit einem Horizontalfaden versehen. Ersteres gab eine neunmalige Vergrößerung und diente zum Einstellen des ganzen beweglichen Metallstückes auf einen Theilstrich der Säule, während das Fernrohr, das funfzehnmalige Vergrößerung besaß, in Verbindung mit der Mikrometerschraube in weiter unten näher anzugebender Weise zur Messung kleinerer Stücke der Säule, als einer ihrer Theile, diente. Die 30 Lin. im Durchmesser haltende Peripherie dieser Mikrometerschraube war in 100 Theile getheilt, welche, durch zwei diametral zu einander stehende Verniers, noch in Zehntel getheilt wurden; bei einiger Uebung ließen sich auch 100 Theile noch schätzen. Diese letzte Gränze der Genauigkeit im Ablesen brachte ich jedoch nicht in Anwendung, sowie ich auch immer nur einen Nonius ablas, da ich mich durch vorläufige Versuche überzeugt hatte, daß der aus der Excentricität der Schraube entspringende Fehler die Größe von 0,001 Theil der senkrechten Schraube in keinem Falle überstieg, der mittlere Einstellungsfehler aber, wie eine andere Reihe von Versuchen zeigte, nicht ganz 0,02 solcher Theile betrug.

Man hätte die Anwendung dieser Mikrometerschraube auch ganz umgehen können, da an dem Fernrohre noch ein Ocularmikrometer angebracht war. Es wäre allerdings durch dasselbe eine noch etwas größere Schärfe zu erzielen gewesen; es zeigte sich indessen, daß bei der geringen Entfernung des Objectes eine sehr kleine Aenderung dieser Entfernung schon von nicht mehr zu vernachlässigendem Einflusse auf den Werth eines Mikrometertheiles war. Da nun, wie aus dem Vorhergehenden ersichtlich, das Schraubenmikrometer der Säule eine mehr als hinreichende Genauigkeit zuließ, so wurde von dem Ocularmikrometer gar kein Gebrauch gemacht.

Es bleibt nun nur noch die Messung der Temperatur-

ren zu erwähnen. Das in jeder Blechröhre befindliche Wasser konnte, auch wenn die Barometer eingesenkt waren, mittelst eines kreisförmigen, in der Mitte für den Barometer mit einem Loche versehenen, Brettchens durch Auf- und Niederbewegen dieses letzteren umgerührt werden. Die beiden Thermoter waren an diese Brettchen befestigt, und kamen also bei jedem Umrühren mit der ganzen Wassermenge in Berührung, so daß die von ihnen angegebene Temperatur wohl sicher als die mittlere der ganzen Flüssigkeitssäule angesehen werden konnte. In das Gefäß mit dem wärmeren Wasser war außerdem noch ein zweites Thermometer eingetaucht, das ebenfalls bei jeder Beobachtung abgelesen wurde. Dieses letztere war ein unter Berücksichtigung aller Correctionen nach der Bessel'schen Methode genau calibrirtes Instrument, dessen Angaben als die normalen angesehen wurden; die Ablesungen der beiden übrigen wurden durch Vergleichen in Wasser, deren Resultate weiter unten folgen, auf die des ersteren reducirt. Das Normalthermometer hatte eine messingene Scale, während die Theilung der beiden andern auf der Röhre selbst befindlich war. Alle drei hatten willkürliche, jedoch so feine Theilungen, daß ein Hunderttheil eines wahren Centesimalgrades mit ziemlicher Sicherheit noch geschätzt werden konnte.

### §. 3.

Die Beobachtungen wurden an diesem Apparate in folgender Weise angestellt:

Nachdem mittelst des Niveaus die Stahlsäule vertical gestellt war, wurden die beiden Blechröhren in gleiche Entfernungen von derselben und dadurch ebenfalls in eine lothrechte Lage gebracht. In aller Schärfe war der Vollzug dieser Operation nicht nothwendig, weil, auch wenn die Comparatorssäule oder die Barometer nicht vertical gestellt gewesen wären, doch nur dann ein Fehler in der Messung der absoluten Barometerhöhe begangen worden wäre, wenn die Gestalt der Quecksilberkuppe am oberen und unteren Niveau nicht krumme Oberflächen derselben Art wären, oder

bei einer geneigten Lage der Barometer diese Kuppe an beiden Niveaus nicht gleichmäÙig ihre Gestalt änderte. (Durch eine Abweichung der Comparatorsäule von der Verticalen wäre auÙerdem wegen der dann stattfindenden ungleichen Entfernung der beiden Quecksilberspiegel der Deutlichkeit des Bildes im Fernrohre Eintrag geschehen.) Weil sich wegen etwa vorhandener ungleicher Adhäsion des Quecksilbers an verschiedenen Stellen der Glasröhre diese Voraussetzung nicht mit Bestimmtheit machen lieÙ, so wurde die Stellung der Comparatorsäule immer berichtigt, sobald sie mehr als eine Minute von der Verticalen abwich; die lothrechte Lage der Barometer wurde durch die schon berichtigte ihrer Blechhülsen controlirt, da die Durchsichten der letzteren so eng waren, daÙ man beide Niveaus des Barometer nicht zugleich beobachten konnte, wenn die Barometer selbst nicht senkrecht hingen. Als zweite Controle diente das Fernrohr, indem das obere und untere Niveau in vollkommen gleicher Schärfe erscheinen muÙten. Uebrigens zeigte ein Probeversuch, daÙ der durch ein absichtlich sehr bedeutendes Schiefhängen der Barometer entstehende Fehler die GröÙe des auf S. 66 erwähnten Einstellungsfehlers nicht überstieg. DaÙ die optische Axe des Fernrohres auf der Säulenaxe des Comparator senkrecht stehe, ist eine Forderung, der der Mechaniker zu genügen hat; das Vorhandenseyn dieses Fehlers konnte aus dem oben beschriebenen Apparate für sich nicht nachgewiesen werden. Es ist klar, daÙ derselbe mit dem aus einer nicht verticalen Stellung der Säule entspringenden zusammenfällt, indem auch bei ihm, da die optische Axe sich selbst immer parallel bleibt, nur die Gestaltverschiedenheit der beiden Quecksilberkuppen in Betracht kommt. Die übrigen Fehler, welche vom Fernrohre herühren können, nämlich Parallaxe und Nichthorizontalität der Brennpunktfäden wurden ebenfalls vor Beginn der Beobachtungen möglichst sorgfältig berichtigt.

Die Messungen selbst wurden folgendermaÙen angestellt: Aus den beiden Reservoirs wurden die Blechröhren

mit Wasser gefüllt: das rechts befindliche mit Wasser, das durch längeres Stehen die Zimmertemperatur angenommen hatte, während in das Reservoir, welches die Röhre links speiste, eine beträchtliche Quantität Eis gegeben wurde, von dem das darübergegoßene Wasser erkaltet abließ. (Das Schmelzen des Eises allein ohne Zugabe von Wasser hätte allerdings noch etwas niedrigere Temperaturen, aber nicht eine hinreichende Menge Wasser gegeben.) In dieser letzteren Röhre wurde vor Beginn jeder Beobachtungsreihe das Wasser erst mehrmals gewechselt, um die Temperatur der Hüllen hinreichend zu erniedrigen. War dieses geschehen, so wurden sämtliche Hähne geöffnet, und so in beiden Blechröhren durch den ununterbrochenen, gleichmäßigen Zu- und Abfluß das Wasser in beständiger Bewegung erhalten, um zu vermeiden, daß sich das kältere nach unten senke. Dieser Wechsel fand so schnell statt, daß in Zeit einer Viertelstunde etwa ein Kubikfuß Wasser aus dem unteren Hahne abfloß. Es wurden nun beide Barometer senkrecht in das Wasser gehängt, worauf nach Verlauf von 20 Minuten die Beobachtung damit begann, daß mittelst der obenerwähnten Holzstückchen in beiden Röhren das Wasser ein paar Male umgerührt und die drei Thermometer abgelesen wurden. Hierauf wurde am Comparator der Horizontalfaden des Mikroskopes auf den Theilstrich der Säule eingestellt, der zunächst über dem oberen Niveau eines der beiden Barometer lag, und von demselben an mittelst der Mikrometerschraube noch so weit herabgemessen, bis der Horizontalfaden des Fernrohres die Quecksilberkuppe berührte; es wurde dann der Comparator um  $180^\circ$  gedreht, und ebenso am oberen Niveau des zweiten Barometer verfahren. Auf dieselbe Weise wurde der Stand der beiden unteren Niveau's aufgezeichnet, und sodann nochmals der der beiden oberen. Es wurde dabei vermieden, den Comparator mit der bloßen Hand zu berühren, um nicht die Temperatur desselben während der Dauer einer Beobachtung zu ändern; zweitens wurden die Ablesungen in möglichst gleichen Zeitintervallen gemacht.

Unmittelbar nach der zweiten Ablesung der oberen Niveaus wurde das Wasser beider Blechröhren nochmals umgeführt, und die Thermometer abermals aufgezeichnet, womit eine Beobachtung vollendet war. Sie erforderte immer 15 Minuten Zeit. Es wurden sodann die Barometer in den Blechröhren vertauscht, wobei darauf gesehen wurde, beide Barometer immer so zu hängen, daß sie in jeder ihrer beiden Lagen dem Objective des Fernrohres dieselbe Seite ihrer Röhrenwände darboten, und nach 20 Minuten eine neue Beobachtung genau auf dieselbe Art begonnen, nach deren Vollendung die beiden Barometer von neuem ihre Plätze wechselten u. s. w. (Die Zeit von 20 Minuten, welche dem Barometer gelassen wurde, um die Temperatur des Wassers anzunehmen, ist hierzu gewiß mehr als hinreichend. Denn die Versuche von Boeckmann (Gehler X. 474) beweisen, daß eine mit Quecksilber gefüllte Glaskugel von 1 Zoll Durchmesser und 0,2 Lin. Wanddicke, die in ein Wasserbad von  $+15^{\circ},7$  R. getaucht wurde, nur 23 Sekunden nöthig hatte, um ihre Temperatur von  $+60^{\circ}$  auf  $+30^{\circ}$  zu erniedrigen). Zugleich wurde Sorge getragen, die Beobachtungen nur an solchen Tagen anzustellen, an denen die Aenderungen des atmosphärischen Druckes möglichst gering und regelmäßig waren.

## §. 4.

Auf diese Weise wurden folgende vier Reihen von Beobachtungen erhalten:

1849, August 27, Vorm.

Barom.	Röhre rechts.	N. Th. No. 1.	Th. No. 2.	Barom.	Röhre links.	Th. No. 3.
I.	58,724	350,10	+20,15	II.	62,712	-12,42
	1017,958				1019,330	
	58,741	349,75	20,22		62,762	12,20
II.	59,680	350,05	20,15	I.	60,754	13,17
	1018,813				1016,926	
	59,740	349,92	20,21		60,730	12,95
I.	58,561	349,50	20,24	II.	63,089	12,99
	1017,442				1019,191	
	58,583	349,20	20,36		63,072	12,78

Barom.	Röhre rechts.	N. Th. No. 1.	Th. No. 2.	Barom.	Röhre links.	Th. No. 3.
	59,844	348,75	+ 20,45		61,518	- 12,77
II.	1019,048 <sup>1)</sup>			I.	1017,530	
	59,964	348,50	20,50		61,545	12,76
	58,487	348,40	20,53		63,154	12,72
I.	1016,963			II.	1018,929	
	58,495	348,20	20,63		63,138	12,59
	59,725	348,10	20,63		61,512	12,40
II.	1018,091			I.	1017,120	
	59,731	347,50	20,75		61,533	12,28

## 1849 August 30, Vorm.

	60,610	345,55	+ 21,23	II.	64,265	- 14,12
I.	1016,353				1017,001	
	60,565	345,45	21,26		64,301	14,19
	61,230	345,50	21,25		63,930	14,20
II.	1016,989			I.	1016,625	
	61,210	345,30	21,27		63,952	14,58
	60,737	345,38	21,26		64,371	14,15
I.	1016,558			II.	1017,057	
	60,728	344,92	21,34		64,393	14,39
	61,216	344,80	21,43		64,084	14,56
II.	1016,863			I.	1016,469	
	61,252	344,60	21,48		64,122	14,61
	60,971	344,70	21,45		64,514	14,06
I.	1016,460			II.	1016,922	
	60,929	344,35	21,53		64,597	15,01
	61,147	344,15	21,58		64,534	14,01
II.	1016,518			I.	1016,732	
	61,163	344,02	21,64		64,502	13,64
	60,971	343,45	21,69		64,634	14,32
I.	1016,386			II.	1016,875	
	60,980	343,40	21,74		64,634	14,02
	61,099	343,28	21,79		64,542	13,86
II.	1016,287			I.	1016,638	
	61,115	342,65	21,94		64,522	13,46

## 1849 September 4, Vorm.

	57,421	342,90	+ 21,91	II.	59,722	- 12,76
I.	1019,065				1018,188	
	57,374	342,70	21,93		59,721	13,06

1) Hier wurde höchst wahrscheinlich ein falscher Nonius abgelesen.



Barom.	Röhre rechts.	N. Th. No. 1.	Th. No. 2.	Barom.	Röhre links.	Th. No. 3.
II.	58,046 1019,788 58,066	342,55	+21,98	I.	61,220 1019,679 61,198	-13,16 14,22
I.	57,236 1018,997 57,283	342,35	22,01	II.	61,557 1020,056 61,579	14,16 14,11
II.	57,756 1019,437 57,727	341,65	22,16	I.	61,174 1019,704 61,185	13,59 13,38
I.	57,476 1018,992 57,461	341,12	22,27	II.	61,596 1020,015 61,632	13,59 13,68
II.	57,626 1018,959 57,667	340,65	22,47	I.	61,500 1019,595 61,554	13,58 13,78
I.	57,735 1019,085 57,800	339,95	22,56	II.	61,782 1019,811 61,853	13,60 13,79
		339,45	22,67			

## 1849 September 5, Vorm.

I.	58,174 1017,919 58,189	339,55	+22,62	II.	62,135 1018,475 62,150	-13,09 14,74
II.	57,502 1017,380 57,533	339,08	22,76	I.	62,050 1018,522 62,135	13,98 14,17
I.	58,442 1018,282 58,430	338,45	22,95	II.	62,488 1018,825 62,510	14,01 13,98
II.	58,695 1018,529 58,754	337,40	23,16	I.	62,275 1018,778 62,327	13,59 13,38
I.	58,294 1018,019 58,300	336,60	23,35	II.	62,689 1018,896 62,678	13,79 13,81
II.	58,631 1018,327 58,634	336,15	23,50	I.	62,391 1018,824 62,422	13,37 13,68
I.	58,420 1018,264 58,476	335,55	23,60	II.	62,522 1018,820 62,574	13,41 13,78
		335,25	23,70			



Barom.	Röhre rechts.	N. Th. No. 1.	Th. No. 2.	Barom.	Röhre links.	N. Th. No. 3.
II.	58,191	335,06	+23,75	I.	62,750	13,52
	1017,821				1018,987	
	58,210	334,60	23,85		62,760	13,54

## §. 5.

Zur Reduction dieser Beobachtungen dienen die hier folgenden Tabellen. Durch die drei ersten werden die Ablesungen der Thermometer auf wahre Grade der hunderttheiligen Scale gebracht, wobei, wie schon erwähnt wurde, das mit N. Th. No. 1. bezeichnete Thermometer ein unmittelbar durch Rechnung corrigirtes ist, während die beiden andern durch Vergleichen in Wasser auf dasselbe reducirt wurden. Um nicht eine zu große Menge von Zahlen auf einander zuhäufen, folgen hier unmittelbar die Resultate dieser Vergleichen.

Ablesung.	Temperatur C.	Ablesung.	Temperatur C.
-----------	---------------	-----------	---------------

Norm.-Thermom. No. 1.

350	+19°,24	338	+22°,06
346	20,18	334	23,01
342	21,12	330	23,95

Thermom. No. 2.

+20,0	+19°,04	+22,0	+21°,03
20,5	19,55	22,5	21,52
21,0	20,04	23,0	22,02
21,5	20,54	23,5	22,52
22,0	21,03	24,0	23,02

Ablesung.	Temperatur C.	Ablesung.	Temperatur C.
-----------	---------------	-----------	---------------

Thermom. No. 3.

-15,00	+1°,35	-13,50	+2°,83
14,75	1,59	13,25	3,07
14,50	1,82	13,00	3,30
14,25	2,09	12,75	3,51
14,00	2,35	12,50	3,73
13,75	2,57	12,25	3,95
13,50	2,83	12,00	4,20

Die nun folgende Tabelle enthält die Untersuchung der Comparatortheilung und Reduction derselben auf die Umgänge des Schraubenmikrometers. Es war nämlich die Säule nicht mittelst dieser Mikrometerschraube selbst, sondern auf einer geradlinigen Theilmaschine getheilt worden, weshalb auch der Werth eines Umganges dieser Schraube und eines Theiles der Säule nicht identisch sind. Da für die Untersuchung der Schraube selbst an dem Apparate keine Vorrichtung angebracht war, so wurde dieselbe als richtig

angenommen, und die ganze Länge der Säule in Unterabtheilungen von je 20 Theilen mit derselben verglichen. Da die Mikrometerschraube 30 Umgänge zählte, so konnte jede einzelne Vergleichung bei einem anderen Schraubengange als die vorhergehende begonnen und dadurch wenigstens ein Theil etwa vorhandener kleiner Fehler der Schraube hinausgebracht werden. In derjenigen Gegend der Säule, in welcher die Niveaus beider Barometer lagen, wurde jeder einzelne Theil für sich untersucht. Da diese Theile für die Beobachtung von bei weitem größerer Wichtigkeit sind, so wurde hier auch die Vergleichung mit größerer Sorgfalt angestellt, und für jeden Theil sechs Mal wiederholt, während die Bestimmung der Theile der Säule, welche bei den Barometerhöhen immer gemeinschaftlich waren, auf mindestens drei Vergleichungen beruht. Es ergaben sich folgende Zahlenwerthe:

Theilstrich.	Werth in Schraubenumgängen.	Theilstrich.	Werth in Schraubenumgängen.
56	1 - 0,0024	1014	1 + 0,0144
57	0,0052	1015	- 0,0037
58		1016	
59	+ 0,0017	1017	0,0012
60	0,0010	1018	0,0006
61		1019	0,0088
62	0,0057	1020	
63	0,0014	1021	0,0203
64	0,0013	1022	0,0027
65	0,0043	1023	0,0077
66	0,0009	1024	0,0012
	0,0015		0,0063
66	34 + 0,0559	600	100 + 0,1528
100	100 - 0,0286	700	0,1780
200		800	0,1526
300	0,0584	900	0,1223
400	0,0347	1000	14 - 0,0390
500	0,0810	1014	
600	0,1780		

aus denen man den Werth der Säulenlänge

$$(66,1014) = 948,946$$

Schraubenumgängen findet. Der mittlere Fehler für die Messung eines Stückes von 20 Theilen ist hierbei  $= \pm 0,0027$ ,

also der mittlere Fehler des ganzen Stückes  $66,1014 = \pm 0,019$ , eine Sicherheit, die mehr als ausreichend ist.

### §. 6.

Die doppelte Ablesung des oberen Niveaus beider Barometer geschah, um die Aenderungen des Barometerstandes, welche während der Dauer einer Beobachtung durch Aenderung der Temperatur und des Luftdruckes eintreten konnten, und die als lineare Function der Zeit betrachtet werden, zu eliminiren. Denn bezeichnet man die am Anfange der Beobachtung gemachte Ablesung des oberen Niveaus mit  $a + \delta$ , wo  $\delta$  diese Aenderung vorstellt, die zweite mit  $a - \delta$ , so würde eine in der Mitte zwischen beiden liegende Ablesung den Werth  $a$  ergeben; statt dieser wurde aber der Stand  $b$  des unteren Niveaus aufgezeichnet. Man findet also hieraus und aus der ersten Beobachtung des oberen Niveaus die ganze Barometerhöhe  $= a - b + \delta$ , während die Ablesung des unteren, verbunden mit der zweiten des oberen Niveau, diese Höhe  $= a - b - \delta$  ergibt. Das arithmetische Mittel aus beiden ist  $= a - b$  und unabhängig von  $\delta$ ; es entspricht der Barometerhöhe, welche in der Mitte der Beobachtung stattfand. Ebenso wurde aus den beiden Thermometerablesungen am Anfange und Ende jeder Beobachtung das arithmetische Mittel genommen, und auf diese Weise mit Hülfe der im vorigen §. angegebenen Tafelchen folgende vier Reihen gebildet:

August 27.		August 30.		September 4.		September 5.	
Barom.	Therm.	Barom.	Therm.	Barom.	Therm.	Barom.	Therm.
I. 960,186	+19,25	956,723	+20,29	962,619	+20,94	960,699	+21,71
II. 957,646	3,89	953,678	2,20	959,425	3,37	957,283	2,43
II. 960,060	19,23	956,725	20,31	962,700	21,01	960,821	21,88
I. 957,142	3,24	953,644	1,93	959,420	2,62	957,379	2,29
I. 959,831	19,37	956,782	20,36	962,687	21,05	960,805	22,00
II. 957,062	3,39	953,635	2,07	959,454	2,22	957,274	2,36
II. (960,096)	19,54	956,585	20,49	962,657	21,22	960,761	22,24
I. 956,954	3,51	953,326	1,75	959,485	2,85	957,425	2,69
I. 959,433	19,63	956,466	20,53	962,474	21,41	960,683	22,40
II. 956,731	3,60	953,326	1,78	959,367	2,68	957,160	2,52
II. 959,323	19,75	956,318	20,64	962,264	21,49	960,650	22,54
I. 956,553	3,86	953,174	2,50	959,031	2,63	957,365	2,81
I. 956,366	20,77	956,366	20,77	962,271	21,64	960,771	22,67
II. 953,201	2,18	953,201	2,18	958,955	2,61	957,220	2,72
II. 956,151	20,90	956,151	20,90			960,582	22,81
I. 953,065	2,65	953,065	2,65			957,178	2,80

Es bedeuten hier in der Versuchsreihe eines jeden Tages die Zahlen der ersten Columnne Umgänge der Mikrometerschraube, während die zweite wahre Grade der hunderttheiligen Scale enthält. In zwei zusammengeschriebenen Horizontalreihen sind die Resultate der gleichzeitigen Ableesungen beider Barometer und bilden mit einander eine Beobachtung.

### §. 7.

Jede solche Messung einer Barometerhöhe wird durch die Gleichung repräsentirt:

$$L_0 = L(1 + q\tau) + \rho - E_\tau - \frac{V_0}{V} D_0(1 + \alpha\tau).$$

Es bezeichnet hierbei:

$L_0$  die unmittelbar gemessene Barometerhöhe,

$L$  dieselbe absolute Höhe auf die Temperatur  $0^\circ$  reducirt und befreit von allen dem Instrumente anhaftenden Fehlern, die man als unabhängig von Temperatur und Luftdruck ansehen kann, wie z. B. Adhäsion und Reibung des Quecksilbers am Glase, Capillardepression, Refraction der Lichtstrahlen in der dem Fernrohre zugewendeten Seite der Barometerröhre etc.,

$\rho$  die algebraische Summe der Refractionsconstanten der beiden Plangläser, welche an der dem Fernrohre zugekehrten Seite der Blechröhre die beiden Durchsichten derselben verschließen,

$q$  den Ausdehnungscoefficienten des Quecksilbers für  $1^\circ \text{C.}$ ,

$\tau$  die beobachtete Temperatur in Centigraden und

$E_\tau$  die bei dieser Temperatur stattfindende Elasticität der in der Torricellischen Leere gebildeten Quecksilberdämpfe.

Das zweite subtractive Glied auf der rechten Seite des Gleichheitszeichens rührt von dem Daseyn einer ganz kleinen Luftblase her, die sich am oberen Ende eines jeden der beiden Barometer bei horizontaler Lage derselben bemerklich machte, und im Laufe der Beobachtungen aus dem Quecksilber frei geworden zu seyn schien. Es be-

deutet in diesem Gliede, das offenbar die Spannkraft der eingeschlossenen Luft ausdrückt.

$V_0$  das Volumen der eingeschlossenen Luft bei  $0^\circ$  Temp. und in horizontaler Lage des Barometer, oder unter dem Drucke einer Atmosphäre,

$V$  das Volumen derselben Luft in verticaler Lage des Barometer oder den Rauminhalt der Torricellischen Leere,

$D$  den Druck einer ganzen Atmosphäre,

$\alpha$  den Ausdehnungscoefficienten der Luft für  $1^\circ$  C.

Durch unmittelbare Messung wurde nun gefunden  $V_0 = 0,014$ ,  $V = 6790$ , wobei vorsätzlich die Dimensionen des Luftblächens wohl um das Doppelte zu groß und der Kürze wegen in beiden Barometern gleich genommen wurden. Ferner ist  $\alpha = 0,00366$  und in runder Zahl  $D = 1000$ , wobei  $V_0$ ,  $V$  und  $D$  in Einheiten der Mikrometerschraube ausgedrückt sind. Für die beiden mittleren Temperaturen der Messungen  $+20^\circ$  und  $+3^\circ$  erhält man hiernach die zugehörigen Spannkraften  $= 0,0022$  und  $0,0020$ , Größen, welche man, da bei der Bestimmung von  $q$  noch dazu nur ihre Differenz in Betracht kommen würde, ganz vernachlässigen darf.

Dasselbe gilt von der Spannkraft  $E_r$  der Quecksilberdämpfe. Nach einer von Avogadro aus Versuchen abgeleiteten Formel (Poggendorff XXVII. 60) ist nämlich

$\log E_r = -0,64637 \cdot T + 0,075956 \cdot T^2 - 0,18452 \cdot T^3$   
 wo als Einheit der Elasticität der atmosphärische Druck  $0^m,76$ , als Wärmeeinheit das Temperaturintervall  $100^\circ$  gilt, und  $T$  für Temperaturen unter  $100^\circ$  positiv zu nehmen ist. Es findet sich nach dieser Formel:

für  $T = 20^\circ$   $E = 0,00000\ 20360$  Millim.

und für  $T = 0^\circ$   $E = 0,00000\ 00852$  Millim.

beides Größen, deren Berücksichtigung wohl keines unserer Messungsmittel gestatten dürfte.

Bezeichnet man nun speciell bei einem bestimmten Luftdrucke mit

$L$  und  $A$  die corrigirten und auf  $0^\circ$  reducirten Längen der Quecksilbersäulen in den Barometern I u. II.

$R$  und  $r$  die oben mit  $q$  bezeichnete Gröſſe resp. für die Röhre rechts mit dem wärmeren und die Röhre links mit dem kälteren Wasser, so ist also die erste Beobachtung einer der oben mitgetheilten Versuchsreihen dargestellt durch die einfache Gleichung

$$L_1 = L (1 + q T_1) + R$$

$$L_2 = A (1 + q t_2) + r$$

(Es liegt dieser Formel die Annahme zu Grunde, daß das Quecksilber innerhalb des beobachteten Temperaturintervalles ein lineares Ausdehnungsgesetz befolge: eine Hypothese, die auch alle früheren Beobachter machten und die für unsere engen Temperaturgränzen durch Dulong's und Petit's Beobachtungen auch hinlänglich gerechtfertigt erscheint.) Vertauscht man die beiden Barometer in den Blechgefäßen, so hat man noch

$$L_3 = (A + \Delta)(1 + q T_3) + R$$

$$L_4 = (L + \Delta)(1 + q t_4) + r$$

wo  $\Delta$  die auf  $0^\circ$  reducirte Aenderung der Barometerhöhe in der zwischen zwei auf einander folgenden Beobachtungen verfloßenen Zeit bedeutet. Eine neue Vertauschung giebt unter der Annahme, daß für kurze Zeitintervalle der Gang des Barometer eine lineare Function der Zeit sey, ebenso

$$L_5 = (L + 2\Delta)(1 + q T_5) + R$$

$$L_6 = (A + 2\Delta)(1 + q t_6) + r$$

aus welchen sechs Gleichungen nun die sechs Unbekannten  $L$ ,  $A$ ,  $\Delta$ ,  $q$ ,  $R$  und  $r$  zu bestimmen sind. Versucht man diese Bestimmung auf dem gewöhnlichen Wege, so stößt man, abgesehen von dem Umstande, daß die Endformeln für die Zahlenrechnung zu unbequem würden, auf manche Schwierigkeiten, die in der Natur der Sache begründet sind und namentlich dann auftreten, wenn man versucht  $R$  und  $r$  zu bestimmen, deren Functionalwerthe als Differenz zweier sehr großen, nahe gleichen Größen auftreten, während ihre Zahlenwerthe selbst natürlich nur sehr klein sind. Es war deshalb ein indirectes Verfahren vorzuziehen, zu dem noch die Kenntniß der Differenz  $R - r$

wünschenswerth erschien. Man kann zu derselben leicht durch unmittelbare Versuche gelangen. Beobachtet und vertauscht man nämlich die beiden Barometer in den Blechröhren, während dieselben mit Wasser von gleichen Temperaturen (Zimmerwärme) gefüllt sind, so hat man in den ersten vier der vorstehenden Gleichungen nur alle  $T$  und  $t$  einander gleich zu setzen, um sie für diesen Fall einzurichten. Zieht man dann die vierte von der ersten und die zweite von der dritten ab, und addirt diese Differenzen, so erhält man

$$R - r = \frac{1}{2}(L_1 - L_4 + L_3 - L_2).$$

Es wurde auf diesem Wege diese Constante wirklich bestimmt, und es fand sich aus achtzehn Beobachtungen

$$R - r = +0,120 \pm 0,009.$$

Setzt man nun in den für die eigentlichen Beobachtungen geltenden Relationen

$$R = \frac{1}{2}(s + u), \quad r = \frac{1}{2}(s - u)$$

und reducirt die Barometerhöhen auf den während der mittleren Beobachtung stattfindenden Luftdruck, so gehen unsere sechs Gleichungen über in

$$L_1 = L(1 + qT_1) + \frac{1}{2}(s + u) - \Delta(1 + qT_1)$$

$$= (L + \frac{5}{2})(1 + qT_1) + \frac{1}{2}u - \Delta(1 + qT_1)$$

$$L_2 = (\mathcal{A}1 + qt_2) + \frac{1}{2}(s - u) - \Delta(1 + qt_2)$$

$$= (\mathcal{A} + \frac{5}{2})(1 + qt_2) - \frac{1}{2}u - \Delta(1 + qt_2)$$

$$L_3 = \mathcal{A}(1 + qT_3) + \frac{1}{2}(s + u)$$

$$= (\mathcal{A} + \frac{5}{2})(1 + qT_3) + \frac{1}{2}u$$

$$L_4 = L(1 + qt_4) + \frac{1}{2}(s - u)$$

$$= (L + \frac{5}{2})(1 + qt_4) - \frac{1}{2}u$$

$$L_5 = L(1 + qT_5) + \frac{1}{2}(s + u) + \Delta(1 + qT_5)$$

$$= (L + \frac{5}{2})(1 + qT_5) + \frac{1}{2}u + \Delta(1 + qT_5)$$

$$L_6 = (\mathcal{A}1 + qt_6) + \frac{1}{2}(s - u) + \Delta(1 + qt_6)$$

$$= (\mathcal{A} + \frac{5}{2})(1 + qt_6) - \frac{1}{2}u + \Delta(1 + qt_6)$$

wo also  $\frac{1}{2}u = +0,060$  zu nehmen, und nun  $L + \frac{5}{2}$ ,  $\mathcal{A} + \frac{5}{2}$ ,  $\Delta$  und  $q$  als die neuen Unbekannten anzusehen sind. Die zweite Transformation der rechten Seite dieser Gleichungen ist allerdings nicht ganz strenge, indem durch dieselbe  
noch



noch das Product  $\frac{1}{2} s q t$  addirt wurde. Es ist dieser Fehler jedoch so gering, daß man sich denselben füglich noch gestatten kann. Denn nimmt man  $t=20$ ,  $q=\frac{1}{3330}$  und macht für die geschliffenen Gläser gewiß eine höchst unwahrscheinliche Annahme  $R+r$  oder  $s=1$ , so wird  $\frac{1}{2} s q t = \frac{1}{333}$  Umgang der Mikrometerschraube, während der mittlere Einstellungsfehler nach S. 66 ungefähr  $= \frac{1}{60}$  ist.

Uebrigens hätte sich diese Willkühr durch directe Bestimmung von  $R$  und  $r$  auch umgehen lassen. Man hätte nämlich z. B. den Werth einer bekannten Anzahl von Umgängen der Mikrometerschraube an einer getheilten Scale ablesen können, die hinter den Glasplatten angebracht worden wäre. Man hätte dann die letzteren weggenommen, und dieselbe Anzahl von Theilen des Schraubenmikrometers von neuem durch die getheilte Scale bestimmt, wodurch sich die Prismacität jeder Glasplatte unmittelbar ergeben hätte.

Da jedoch die Glasplatten nicht zum Abnehmen eingerichtet waren, und der so begangene Fehler so unbedeutend ist, so wurden, um die einfache Idee des Apparates durch das Hineinbringen fremder Elemente nicht zu compliciren, diese Bestimmungen ganz unterlassen.

### §. 8.

Aus den Gleichungen des vorigen §. ergibt sich nun unmittelbar:

$$\Delta = \frac{L_2 - L_1}{2 + q(t_2 + t_1)} - q \frac{(A + \frac{1}{2})(t_2 - t_1)}{2 + q(t_2 + t_1)}$$

$$A + \frac{1}{2} = \frac{L_2 + \frac{1}{2}u}{1 + q t_2} - \Delta$$

$$L + \frac{1}{2} = \frac{L_1 + \frac{1}{2}u}{1 + q t_1}$$

$$q = \frac{L_2 - L_1 - u - [(A + \frac{1}{2}) - (L + \frac{1}{2})]}{(A + \frac{1}{2})(T_2 - t_1) + t_1[(A + \frac{1}{2}) - (L + \frac{1}{2})]}$$

welche Relationen zur Bestimmung der vier Unbekannten in der Art benutzt wurden, daß man zuerst mit einem genäherten Werthe von  $q$  — etwa dem von Dulong und

Petit gefunden — diese vier Formeln durchrechnete, mit dem so erhaltenen neuen  $q$  die Rechnung wiederholte u. s. w., bis sich für  $q$  keine Aenderung mehr ergab. Gewöhnlich war dies schon bei der dritten Wiederholung der Rechnung der Fall.

Da nur vier Unbekannte zu bestimmen sind, so sind eigentlich zwei der gebrauchten sechs Relationen überzählig. Ich zog es jedoch vor, sämtliche sechs Gleichungen zu der Bestimmung anzuwenden, da, wie wir sogleich sehen werden, einerseits durch diese überzählig beigezogenen Gleichungen keine Bestimmung verloren geht, und andererseits durch dieselben eine etwas schnellere Approximation und schon bei der Berechnung jedes Versuches selbst eine Art von Ausgleichung der unvermeidlichen Beobachtungsfehler möglich wird.

Da nämlich, wie die auf S. 76 gemachte Zusammenstellung zeigt, sich die Temperatur des wärmeren Wassers nur sehr langsam und regelmäfsig änderte, so reducirte ich, ehe ich mit der Berechnung der einzelnen im Laufe eines Vormittags angestellten Versuche begann, erst alle im wärmeren Wasser gemessenen Barometerhöhen durch ein vorläufiges  $q$ , dessen Werth hiebei ziemlich gleichgültig ist, auf eine und dieselbe mittlere Temperatur, und bestimmte so den Gang eines jeden der beiden Barometer und aus beiden durch Interpolation die mittlere Aenderung des Luftdruckes während der ganzen Beobachtungszeit. Zeigte sich nun bei der Berechnung eines jeden einzelnen Versuches eine Abweichung in den Werthen von  $L$ ,  $A$  oder  $\Delta$  von den mittleren, durch Interpolation gefunden, so benutzte ich die zwei Bestimmungen, welche mir das angewandte System von sechs Gleichungen noch gestattete, in der Art, dafs ich diejenigen der obigen drei Gröfsen, welche den grössten Beobachtungsfehler vermuthen liefsen, noch einmal aus den noch nicht benutzten Gleichungen berechnete, wozu sich den oben angegebenen analoge Relationen ergeben; das arithmetische Mittel aus diesem neuen und dem zuerst gefundenen Werthe galt dann für die Fortsetzung der Rech-

nung als der wahre Werth der fraglichen Gröfse. Bei zwei Versuchen am 4. und 5. September kam es vor, dafs während der Dauer des Versuchs die Aenderung des Luftdruckes eine Maximumstelle erreichte, d. h. vom Wachsen ins Abnehmen überging. Da unsere Formel, ihrer Construction nach, diesen Fall ausschliessen, so konnte die Unbekannte  $\Delta$  aus denselben gar nicht berechnet werden, und es wurde zur Reduction dieser beiden Versuche blofs der durch Interpolation gefundene Werth benutzt.

War auf diese Weise die Berechnung eines Versuches beendigt, so wurde das für den nächstfolgenden dienende System von Gleichungen dadurch gebildet, dafs von eben gebrauchten die beiden ersten Gleichungen weggelassen und statt derselben die zwei nächstfolgenden unten angereiht wurden, worauf wieder aus den beiden mittleren der Werth von  $q$  berechnet wurde. Aus dem ersten und letzten Systeme der Versuchsreihe eines jeden Tages wurden immer zwei Werthe von  $q$  bestimmt, um keine Beobachtung unbenutzt verloren gehen zu lassen. Man hat dazu die beiden Formeln

$$q = \frac{L_1 - L_2 - u + [(A + \frac{1}{2}) - (L + \frac{1}{2})]}{(L + \frac{1}{2} - A)(T_1 - t_2) - t_2[(A + \frac{1}{2}) - (L + \frac{1}{2})]}$$

und

$$q = \frac{L_3 - L_4 - u + [(A + \frac{1}{2}) - (L + \frac{1}{2})]}{(L + \frac{1}{2} + A)(T_3 - t_4) - t_4[(A + \frac{1}{2}) - (L + \frac{1}{2})]}$$

wo die erste für den Anfang, die zweite für das Ende jeder Versuchsreihe zu benutzen ist.

Es dürfte kaum nöthig seyn, zu bemerken, dafs alle diese Formeln nur für den Fall gelten, in dem das Wechseln der Barometer in den Blechröhren in der bei Herleitung der Formeln angenommenen Reihenfolge vorgenommen wurde, nämlich für den Fall, in welchem bei der ersten Beobachtung das Barometer I. sich in der Röhre mit wärmeren Wasser befand. Für den folgenden Versuch, bei dem das Barometer II. zuerst in dem Gefäfse abgelesen wurde, werden die Formeln gültig, wenn man in denselben überall  $L$  mit  $A$  vertauscht.

## §. 9.

Nach diesen Formeln wurden nun aus den auf S. 76 mitgetheilten Versuchsreihen folgende Werthe von  $q$  berechnet:

Aug. 27.	I.	0,00017720	Sept. 4.	I.	0,00017832
	II.	17738		II.	18333
	III.	17245		III.	17748
	IV.	—		IV.	17335
	V.	16786		V.	17050
Aug. 30.	VI.	17483	Sept. 5.	VI.	17006
	I.	17023		VII.	17729
	II.	16665		I.	18206
	III.	18200		II.	17370
	IV.	17715		III.	17460
	V.	16763		IV.	18010
	VI.	16497		V.	16756
	VII.	17350		VI.	17694
	VIII.	16499		VII.	17880
					17248

wobei die römischen Zahlen die fortlaufende Nummer der einzelnen Versuche an jedem Vormittage vorstellen. Der dritte Versuch am 27. August wurde wegen der auf S. 71 als zweifelhaft bezeichneten Beobachtung ganz weggelassen. Nimmt man nun die vorstehenden 28 Werthe von  $q$  zusammen, so giebt sich

$$q = 0,00017405 \pm 0,00000082$$

oder

$$q = \frac{1}{5745,4} \left( 1 \pm \frac{1}{212} \right).$$

Nach Dulong und Petit wäre

$$q = \frac{1}{5550} = 0,00018028$$

so daß also ihr Werth sich um mehr als das Siebenfache des mittleren Fehlers von vorstehender Bestimmung entfernt. Unser neu gefundener Werth stimmt fast vollkommen mit dem überein, den Poggendorff vorläufig (vergl. S. 62) wegen einer an Dulong's und Petit's Beobachtungen nöthigen Correction als den wahrscheinlichen angab, so daß

die Bestimmung der beiden französischen Physiker der obenstehenden selbst als Bestätigung dient.

### §. 10.

Die aus den einzelnen Versuchen berechneten Werthe von  $q$  zeigen allerdings nicht ganz unbeträchtliche Abweichungen vom Mittel, jedoch in der Art, daß sich ein constanter Fehler in denselben nicht vermuthen läßt. Als Grund dieser Abweichungen lassen sich hauptsächlich drei Umstände hervorheben.

Die erste Fehlerquelle dürfte in einer Unsicherheit über die jedesmalige Temperatur der Barometer im Gefäße links zu suchen seyn. Die oben angegebenen Beobachtungen zeigen, daß in demselben das Wasser, trotz aller angewandten Sorgfalt, beständigen Wärmeänderungen ausgesetzt war, die während der Dauer einer Beobachtung in einzelnen Fällen fast die Größe eines Grades erreichten. Konnte nun auch mittelst des eingetauchten Thermometers die momentane Temperatur der Wassersäule sehr sicher gemessen werden, so läßt sich doch nicht mit gleicher Sicherheit behaupten, daß dieselbe gleichzeitig auch für das Quecksilber im eingetauchten Barometer gelte, da letzteres immer eine gewisse, wenn auch nur sehr kleine, Zeit brauchte, um die Temperatur des umgebenden Mediums anzunehmen. Der Einfluß dieses Fehlers auf die absolute Höhe der Quecksilbersäule wird durch das Product  $Lq \cdot \Delta t$  dargestellt, wo  $L$  die gemessene Barometerhöhe,  $\Delta t$  die Differenz der wirklichen Temperatur des Quecksilbers und der abgelesenen Wassertemperatur bezeichnet. Macht man die gewiß übertriebene Annahme  $\Delta t = 0^\circ,1$ ,  $L = 1000$ , so ist  $Lq \cdot \Delta t = \frac{1}{57,4}$ , also ungefähr dem mittleren Einstellungsfehler gleich.

(Man könnte gegen unsere zur Bestimmung von  $q$  angewandte Methode einwenden, daß dieselbe doch auch von der Ausdehnung des Glases abhängt, da die Temperaturen durch Glasthermometer gemessen wurden, deren Gefäße sich gleichzeitig mit dem Quecksilber ausdehnen. Dieser

Einwand ist allerdings richtig, aber von durchaus keinem Einflusse auf unser Resultat, wie das eben angegebene Product  $Lq \cdot \Delta t$  zeigt. Die Correction, welche wegen der Ausdehnung des Glases an den Thermometern anzubringen und bei den zu den Beobachtungen gebrauchten auch sorgfältig berücksichtigt ist, beträgt nämlich für die höchste vorkommende Temperatur  $+25^{\circ}$  nur 0,05 Centesimalgrade. Hätte man dieselbe nun auch ganz vernachlässigt, so wäre die absolute Länge der Quecksilbersäule doch nur um 0,009 Umfang der Mikrometerschraube zu groß bestimmt worden: eine Gröfse, die vom mittleren Ablesungsfehler noch weit übertroffen wird).

Die zweite Ungenauigkeit, welche in der bei der Berechnung der Versuche gemachten Annahme liegt, dafs der atmosphärische Druck während der Dauer eines Versuches sich nach einem linearen Gesetz ändere, hoffe ich durch die weiter oben beschriebene Rechnungsmethode möglichst unschädlich gemacht zu haben.

Von gröfserem Einflusse könnte ein anderer Umstand seyn, der mir auch von etwas allgemeinerem Interesse zu seyn scheint. Der gebrauchte Apparat war zuerst mit zwei andern Barometern versehen, deren Einrichtung von der auf S. 64 beschriebenen nur darin abwich, dafs das Caliber der Röhren in der Gegend der beiden Quecksilberspiegel etwa um eine par. Lin. geringer war, und vom unteren Niveau an die Verlängerung des offenen Schenkels sich wieder bis auf anderthalb Linien verengte, oben noch rechtwinkelig gebogen war und also in einer horizontalen Röhre von ungefähr sechs Zoll Länge endigte. Ich hatte mit diesen Barometern schon eine beträchtliche Anzahl sorgfältiger Versuche gemacht, als sich bei ihrer später begonnenen Berechnung zeigte, dafs sie in gar keine Uebereinstimmung miteinander zu bringen waren. Ein näheres Eingehen auf die Sache liefs bald den Grund dieser Widersprüche erkennen, der durch folgende, zu diesem Behufe angestellte, Versuchsreihe klar in die Augen fallen wird:

Gefäß rechts.		Gefäß links.		Norm. Bar. in d. Luft.	
Bar. II.	N. Th. No. 1	Bar. I.	Th. No. 4.	Bar.	Th. a. B.
1008,229	367,60	1008,229	+5,68	316,35	+13,3
62,573	367,45	62,633	5,67		
1008,171	367,33	1008,171	5,67	316,05	13,9

Bar. II. wurde nun aus seinem Gefäße genommen, horizontal gelegt und in dasselbe Gefäß zurückgehängt. Bar. I. nicht berührt.

1008,086	367,20	1008,086	5,68	315,77	14,0
62,238	367,15	62,678	5,68		
1008,059	367,10	1008,059	5,69	315,73	14,1

Nun ebenso mit Bar. I. verfahren, während Bar. II. unberührt gelassen wurde.

1008,008	366,95	1008,008	5,68	315,72	14,
62,321	367,00	63,409	5,68		
1008,091	366,90	1008,091	5,67	315,76	14,4

Man sieht also, daß keiner der beiden Barometer auf seinen vorigen Stand zurückkam, wenn man ihn einer Lagenveränderung unterworfen hatte. Die dadurch entstehenden Unterschiede der absoluten Höhen wurden manchmal größer als  $\frac{1}{10}$  par. Lin. gefunden.

Ueber den Grund dieser auffallenden Erscheinung, die meines Wissens noch nicht näher berührt wurde, könnte man etwa die Vermuthung aufstellen, daß bei der beträchtlichen Verlängerung des offenen Schenkels die Reibung der Luft gegen die Wände der Röhre in einem solchen Grade zunähme, daß durch das Spiel der Quecksilbersäule die im offenen Schenkel enthaltene Luft mit der äußeren nicht mehr im Gleichgewicht bliebe, welcher Zustand sich dann nothwendig in der Höhe des Barometerstandes äußern müßte. Es wäre aber auch recht leicht denkbar, daß durch die Oxydschicht, welche sich bei jedem Heberbarometer nach kurzer Zeit des Gebrauches an den Röhrenwänden in der Gegend des unteren Niveaus ansetzt, die Reibung und Adhäsion des Quecksilbers hier so vermehrt werde, daß sie kleinen Aenderungen des Luftdruckes das Gleichgewicht zu halten vermögen. Möglich auch, daß dieser und der vorhererwähnte Umstand zusammen auf die Barometerhöhe ei-



nen Einfluss ausüben. Es scheint wenigstens aus der vorstehenden Beobachtungsreihe klar hervorzugehen, daß für genaue Messungen des Luftdruckes die Gefäßbarometer den heberförmigen voranstellen dürften.

Die beiden, auf die hier mitgetheilte Wahrnehmung hin, für unseren Beobachtungsapparat neu angefertigten Barometer wurden zwar vor Beginn der Messung erst mehrere Tage hindurch einer sorgfältigen Prüfung unterworfen, und ließen in dieser Beziehung mit Bestimmtheit keinen Fehler erkennen; es läßt sich indessen auch nicht mit Zuverlässigkeit behaupten, daß derselbe gar nicht vorhanden gewesen wäre, und nicht wenigstens von einem Theile der Abweichungen der Einzelwerthe unseres  $q$  die Schuld trüge.

### §. 11.

Da der neue Werth von  $q$  von dem seither als richtig angenommenen so bedeutend abweicht, so schien es nicht unzweckmäßig, mittelst desselben eine neue Reductionstafel für das Barometer zu berechnen, welche hier noch im Anhange folgt. Sie gilt für ein Barometer mit der Messingscale, die nach par. Linien getheilt ist, und ist nach dem bekannten Ausdrucke

$$h = \frac{\frac{1}{2}(q-m)t + \frac{1}{2} \cdot 13m}{1 + \frac{1}{2}qt} h$$

berechnet, in welchem

$h$  die abgelesene Barometerhöhe,

$t$  die Temperatur in Réaumur'schen Graden

$q = 0,00017405$  den Ausdehnungscoefficienten des Quecksilbers für  $1^\circ$  C. und

$m = 0,00018785$  den Ausdehnungscoefficienten des Messings für  $1^\circ$  C.

bedeutet. Es wird dann die abgelesene Barometerhöhe auf die Temperatur  $0^\circ$  reducirt, wenn man vorstehenden Ausdruck mit seinem Vorzeichen nach Einsetzung der Zahlenwerthe zu derselben addirt.

Die Tafel ist natürlich auch für metrische und nach englischem Maasse getheilte Barometer mit Centesimal- oder Fahrenheit'sche Thermometer gültig, wenn man nur vorher die Temperaturen in Réaumur'schen Graden und die Barometerhöhen in par. Lin. ausdrückt. Die zu dieser Umwandlung nöthigen Tafeln finden sich in Schumacher's astronom. Jahrb. 1844. S. 78 ff.



Réau- mur.	25 Zoll											
	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
- 5°	+ 0,199	+ 0,200	+ 0,200	+ 0,201	+ 0,202	+ 0,202	+ 0,203	+ 0,204	+ 0,204	+ 0,205	+ 0,206	+ 0,207
4	0,141	0,141	0,141	0,142	0,142	0,143	0,143	0,143	0,144	0,144	0,145	0,145
3	0,083	0,083	0,083	0,084	0,084	0,084	0,085	0,085	0,085	0,085	0,086	0,086
2	+ 0,025	+ 0,025	+ 0,025	+ 0,025	+ 0,025	+ 0,025	+ 0,025	+ 0,025	+ 0,025	+ 0,025	+ 0,025	+ 0,025
- 1	- 0,034	- 0,034	- 0,034	- 0,034	- 0,034	- 0,034	- 0,035	- 0,035	- 0,035	- 0,035	- 0,035	- 0,035
0	0,092	0,092	0,092	0,093	0,093	0,093	0,094	0,094	0,094	0,094	0,095	0,095
+ 1	0,150	0,150	0,151	0,151	0,152	0,152	0,152	0,153	0,153	0,154	0,154	0,15
2	0,208	0,209	0,209	0,210	0,210	0,211	0,212	0,212	0,213	0,214	0,214	0,215
3	0,266	0,267	0,267	0,268	0,269	0,270	0,271	0,271	0,272	0,273	0,274	0,275
4	0,324	0,325	0,326	0,327	0,328	0,329	0,330	0,331	0,332	0,333	0,334	0,336
5	0,382	0,383	0,385	0,386	0,387	0,389	0,390	0,391	0,392	0,393	0,394	0,396
6	0,440	0,441	0,443	0,444	0,446	0,447	0,448	0,450	0,451	0,453	0,454	0,456
7	0,498	0,499	0,501	0,503	0,504	0,506	0,508	0,509	0,511	0,513	0,514	0,516
8	0,556	0,558	0,559	0,561	0,563	0,565	0,567	0,569	0,570	0,572	0,574	0,576
9	0,614	0,616	0,618	0,620	0,622	0,624	0,627	0,629	0,631	0,633	0,635	0,637
10	0,672	0,674	0,676	0,679	0,681	0,683	0,686	0,688	0,690	0,693	0,695	0,697
11	0,730	0,732	0,735	0,737	0,740	0,742	0,744	0,747	0,750	0,752	0,755	0,757
12	0,788	0,790	0,793	0,795	0,798	0,801	0,803	0,806	0,808	0,811	0,813	0,816
13	0,846	0,849	0,851	0,854	0,857	0,859	0,862	0,865	0,867	0,870	0,873	0,876
14	0,904	0,907	0,910	0,913	0,916	0,919	0,922	0,925	0,928	0,931	0,934	0,937
15	0,962	0,965	0,968	0,972	0,975	0,978	0,981	0,984	0,988	0,991	0,994	0,997
16	1,020	1,023	1,027	1,030	1,033	1,037	1,040	1,044	1,047	1,050	1,054	1,057
17	1,078	1,081	1,085	1,088	1,092	1,095	1,099	1,103	1,106	1,110	1,113	1,116
18	1,136	1,139	1,143	1,147	1,150	1,154	1,158	1,161	1,165	1,169	1,172	1,176
19	1,194	1,197	1,201	1,205	1,209	1,213	1,217	1,221	1,225	1,229	1,233	1,237

## 25 Zoll.

Réa- mur.	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
20	1,251	1,255	1,259	1,264	1,268	1,272	1,276	1,280	1,284	1,288	1,292	1,296
21	1,309	1,313	1,317	1,322	1,326	1,331	1,335	1,340	1,344	1,348	1,353	1,357
22	1,366	1,370	1,375	1,379	1,384	1,389	1,393	1,398	1,402	1,407	1,411	1,416
23	1,424	1,429	1,434	1,438	1,443	1,448	1,452	1,457	1,462	1,467	1,471	1,476
24	1,481	1,486	1,491	1,496	1,501	1,506	1,511	1,516	1,521	1,526	1,531	1,536
25	1,539	1,544	1,549	1,554	1,559	1,564	1,570	1,575	1,580	1,585	1,590	1,595

## 26 Zoll.

-5°	+0,207	+0,207	+0,208	+0,209	+0,209	+2,210	+0,211	+0,212	+0,212	+0,213	+0,214	+0,215
4	0,146	0,146	0,147	0,148	0,148	0,149	0,150	0,150	0,151	0,152	0,152	0,153
3	0,086	0,086	0,087	0,087	0,087	0,088	0,088	0,088	0,089	0,089	0,089	0,090
2	+0,025	+0,025	+0,025	+0,025	+0,026	+0,026	+0,026	+0,026	+0,027	+0,027	+0,027	+0,027
-1	-0,035	-0,035	-0,035	-0,035	-0,035	-0,035	-0,035	-0,036	-0,036	-0,036	-0,036	-0,036
0	0,095	0,095	0,095	0,096	0,096	0,096	0,097	0,097	0,097	0,098	0,098	0,098
+1	0,155	0,155	0,156	0,156	0,157	0,157	0,158	0,158	0,159	0,160	0,160	0,161
2	0,216	0,216	0,217	0,218	0,218	0,219	0,220	0,220	0,221	0,222	0,223	0,224
3	0,276	0,276	0,277	0,278	0,279	0,280	0,281	0,282	0,283	0,284	0,285	0,286
4	0,337	0,338	0,339	0,340	0,341	0,343	0,344	0,345	0,346	0,347	0,348	0,349
5	0,397	0,398	0,399	0,401	0,402	0,403	0,405	0,406	0,407	0,409	0,410	0,411
6	0,457	0,458	0,460	0,461	0,463	0,464	0,466	0,467	0,469	0,470	0,472	0,473
7	0,518	0,519	0,521	0,523	0,524	0,526	0,527	0,529	0,531	0,532	0,534	0,536
8	0,578	0,580	0,581	0,583	0,585	0,587	0,589	0,591	0,593	0,595	0,597	0,599
9	0,639	0,641	0,643	0,645	0,647	0,649	0,651	0,654	0,656	0,658	0,660	0,662
10	0,699	0,701	0,703	0,705	0,708	0,710	0,712	0,714	0,717	0,719	0,721	0,723
11	0,759	0,761	0,763	0,766	0,768	0,771	0,773	0,776	0,778	0,781	0,783	0,786
12	0,819	0,822	0,824	0,827	0,830	0,832	0,835	0,837	0,840	0,843	0,845	0,848
13	0,879	0,882	0,884	0,887	0,890	0,893	0,896	0,899	0,901	0,904	0,907	0,910
14	0,940	0,943	0,946	0,949	0,952	0,955	0,958	0,961	0,964	0,967	0,970	0,973

Réau-  
mur.

26 Zoll.

	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
15	1,000	1,003	1,006	1,010	1,013	1,016	1,019	1,023	1,026	1,029	1,032	1,035
16	1,060	1,063	1,066	1,070	1,073	1,077	1,080	1,084	1,087	1,091	1,094	1,098
17	1,120	1,123	1,127	1,130	1,134	1,137	1,141	1,144	1,148	1,152	1,155	1,159
18	1,180	1,183	1,187	1,191	1,194	1,198	1,202	1,206	1,210	1,214	1,218	1,222
19	1,241	1,244	1,248	1,252	1,256	1,260	1,264	1,268	1,272	1,276	1,280	1,284
20	1,301	1,305	1,309	1,313	1,317	1,322	1,326	1,330	1,334	1,338	1,342	1,346
21	1,361	1,365	1,369	1,374	1,378	1,382	1,387	1,391	1,395	1,399	1,404	1,408
22	1,421	1,426	1,430	1,435	1,439	1,444	1,448	1,453	1,457	1,462	1,466	1,471
23	1,481	1,486	1,491	1,496	1,500	1,505	1,510	1,515	1,519	1,524	1,529	1,533
24	1,541	1,545	1,550	1,555	1,560	1,565	1,570	1,575	1,580	1,585	1,590	1,595
25	1,600	1,605	1,610	1,616	1,621	1,626	1,631	1,636	1,642	1,647	1,652	1,657

27 Zoll.

	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
-5	+0,216	+0,216	+0,217	+0,218	+0,218	+0,219	+0,220	+0,220	+0,221	+0,222	+0,223	+0,223
4	0,153	0,153	0,154	0,154	0,155	0,155	0,156	0,156	0,157	0,157	0,158	0,158
3	0,090	0,090	0,090	0,090	0,091	0,091	0,091	0,091	0,092	0,092	0,092	0,092
2	+0,027	+0,027	+0,027	+0,027	+0,027	+0,027	+0,028	+0,028	+0,028	+0,028	+0,028	+0,028
-1	-0,036	-0,036	-0,036	-0,036	-0,036	-0,037	-0,037	-0,037	-0,037	-0,037	-0,038	-0,038
0	0,099	0,099	0,099	0,100	0,100	0,100	0,101	0,101	0,101	0,102	0,102	0,102
+1	0,162	0,162	0,163	0,163	0,164	0,164	0,165	0,165	0,166	0,166	0,167	0,167
2	0,224	0,225	0,226	0,227	0,227	0,228	0,229	0,230	0,230	0,231	0,232	0,233
3	0,287	0,287	0,288	0,289	0,290	0,291	0,292	0,293	0,294	0,295	0,296	0,297
4	0,350	0,351	0,352	0,353	0,354	0,356	0,357	0,358	0,359	0,360	0,361	0,362
5	0,412	0,413	0,414	0,416	0,417	0,418	0,420	0,421	0,422	0,424	0,425	0,426
6	0,475	0,476	0,478	0,479	0,481	0,482	0,484	0,485	0,487	0,488	0,490	0,491
7	0,538	0,540	0,542	0,543	0,545	0,547	0,548	0,550	0,552	0,553	0,555	0,557
8	0,601	0,603	0,605	0,607	0,609	0,610	0,612	0,614	0,616	0,618	0,620	0,622
9	0,664	0,666	0,668	0,670	0,672	0,674	0,676	0,678	0,680	0,682	0,684	0,686

Réan- neur.		27 Zoll.										
0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	
10	0,726	0,728	0,730	0,733	0,735	0,737	0,739	0,742	0,744	0,746	0,748	0,751
11	0,758	0,760	0,763	0,765	0,768	0,800	0,803	0,805	0,810	0,813	0,815	0,815
12	0,851	0,854	0,857	0,860	0,865	0,868	0,868	0,870	0,873	0,876	0,879	0,881
13	0,913	0,916	0,919	0,922	0,924	0,927	0,930	0,933	0,936	0,939	0,942	0,945
14	0,976	0,979	0,982	0,985	0,988	0,991	0,994	0,997	1,000	1,003	1,006	1,009
15	1,038	1,041	1,044	1,048	1,051	1,054	1,057	1,061	1,064	1,067	1,070	1,074
16	1,101	1,104	1,108	1,111	1,115	1,118	1,121	1,125	1,128	1,132	1,135	1,139
17	1,163	1,167	1,170	1,174	1,178	1,181	1,185	1,189	1,192	1,196	1,200	1,203
18	1,226	1,229	1,233	1,237	1,241	1,245	1,249	1,253	1,257	1,260	1,264	1,268
19	1,288	1,292	1,296	1,300	1,304	1,309	1,313	1,317	1,321	1,325	1,329	1,333
20	1,351	1,355	1,360	1,364	1,368	1,372	1,376	1,380	1,384	1,389	1,393	1,397
21	1,413	1,417	1,422	1,426	1,431	1,435	1,439	1,444	1,448	1,453	1,457	1,462
22	1,476	1,481	1,485	1,490	1,494	1,499	1,503	1,508	1,512	1,517	1,521	1,526
23	1,538	1,543	1,548	1,552	1,557	1,562	1,567	1,571	1,576	1,581	1,586	1,590
24	1,600	1,605	1,610	1,615	1,620	1,625	1,630	1,635	1,640	1,645	1,650	1,655
25	1,662	1,667	1,672	1,677	1,683	1,688	1,693	1,698	1,704	1,709	1,714	1,719
- 5	+ 0,224	+ 0,225	+ 0,226	+ 0,227	+ 0,228	+ 0,228	+ 0,228	+ 0,229	+ 0,230	+ 0,231	+ 0,232	+ 0,232
- 4	+ 0,159	+ 0,159	+ 0,160	+ 0,161	+ 0,161	+ 0,162	+ 0,162	+ 0,162	+ 0,163	+ 0,164	+ 0,164	+ 0,164
- 3	+ 0,093	+ 0,093	+ 0,093	+ 0,094	+ 0,094	+ 0,094	+ 0,094	+ 0,095	+ 0,095	+ 0,095	+ 0,095	+ 0,096
- 2	+ 0,028	+ 0,028	+ 0,028	+ 0,028	+ 0,028	+ 0,028	+ 0,029	+ 0,029	+ 0,029	+ 0,029	+ 0,029	+ 0,029
- 1	- 0,038	- 0,038	- 0,038	- 0,039	- 0,039	- 0,039	- 0,039	- 0,039	- 0,040	- 0,040	- 0,040	- 0,040
0	0,103	0,103	0,103	0,104	0,104	0,104	0,105	0,105	0,105	0,106	0,106	0,106
+ 1	0,168	0,168	0,169	0,170	0,170	0,170	0,171	0,171	0,172	0,172	0,173	0,173
+ 2	0,233	0,234	0,235	0,236	0,237	0,237	0,238	0,238	0,239	0,240	0,241	0,242
+ 3	0,298	0,298	0,299	0,300	0,301	0,302	0,303	0,304	0,305	0,306	0,307	0,308
+ 4	0,363	0,364	0,366	0,367	0,368	0,369	0,370	0,371	0,372	0,373	0,374	0,374

		28 Zoll.										
- 5	- 4	- 3	- 2	- 1	0	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5	+ 6	+ 7
10	0,726	0,728	0,730	0,733	0,735	0,737	0,739	0,742	0,744	0,746	0,748	0,751
11	0,758	0,760	0,763	0,765	0,768	0,770	0,773	0,775	0,778	0,780	0,783	0,785
12	0,851	0,854	0,857	0,860	0,865	0,868	0,868	0,870	0,873	0,876	0,879	0,881
13	0,913	0,916	0,919	0,922	0,924	0,927	0,930	0,933	0,936	0,939	0,942	0,945
14	0,976	0,979	0,982	0,985	0,988	0,991	0,994	0,997	1,000	1,003	1,006	1,009
15	1,038	1,041	1,044	1,048	1,051	1,054	1,057	1,061	1,064	1,067	1,070	1,074
16	1,101	1,104	1,108	1,111	1,115	1,118	1,121	1,125	1,128	1,132	1,135	1,139
17	1,163	1,167	1,170	1,174	1,178	1,181	1,185	1,189	1,192	1,196	1,200	1,203
18	1,226	1,229	1,233	1,237	1,241	1,245	1,249	1,253	1,257	1,260	1,264	1,268
19	1,288	1,292	1,296	1,300	1,304	1,309	1,313	1,317	1,321	1,325	1,329	1,333
20	1,351	1,355	1,360	1,364	1,368	1,372	1,376	1,380	1,384	1,389	1,393	1,397
21	1,413	1,417	1,422	1,426	1,431	1,435	1,439	1,444	1,448	1,453	1,457	1,462
22	1,476	1,481	1,485	1,490	1,494	1,499	1,503	1,508	1,512	1,517	1,521	1,526
23	1,538	1,543	1,548	1,552	1,557	1,562	1,567	1,571	1,576	1,581	1,586	1,590
24	1,600	1,605	1,610	1,615	1,620	1,625	1,630	1,635	1,640	1,645	1,650	1,655
25	1,662	1,667	1,672	1,677	1,683	1,688	1,693	1,698	1,704	1,709	1,714	1,719
- 5	+ 0,224	+ 0,225	+ 0,226	+ 0,227	+ 0,228	+ 0,228	+ 0,228	+ 0,229	+ 0,230	+ 0,231	+ 0,232	+ 0,232
- 4	+ 0,159	+ 0,159	+ 0,160	+ 0,161	+ 0,161	+ 0,162	+ 0,162	+ 0,162	+ 0,163	+ 0,164	+ 0,164	+ 0,164
- 3	+ 0,093	+ 0,093	+ 0,093	+ 0,094	+ 0,094	+ 0,094	+ 0,094	+ 0,095	+ 0,095	+ 0,095	+ 0,095	+ 0,096
- 2	+ 0,028	+ 0,028	+ 0,028	+ 0,028	+ 0,028	+ 0,028	+ 0,029	+ 0,029	+ 0,029	+ 0,029	+ 0,029	+ 0,029
- 1	- 0,038	- 0,038	- 0,038	- 0,039	- 0,039	- 0,039	- 0,039	- 0,039	- 0,040	- 0,040	- 0,040	- 0,040
0	0,103	0,103	0,103	0,104	0,104	0,104	0,105	0,105	0,105	0,106	0,106	0,106
+ 1	0,168	0,168	0,169	0,170	0,170	0,170	0,171	0,171	0,172	0,172	0,173	0,173
+ 2	0,233	0,234	0,235	0,236	0,237	0,237	0,238	0,238	0,239	0,240	0,241	0,242
+ 3	0,298	0,298	0,299	0,300	0,301	0,302	0,303	0,304	0,305	0,306	0,307	0,308
+ 4	0,363	0,364	0,366	0,367	0,368	0,369	0,370	0,371	0,372	0,373	0,374	0,374

28 Zoll.

Réau- mur.	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
5	0,428	0,429	0,431	0,432	0,433	0,435	0,436	0,437	0,439	0,440	0,441	0,442
6	0,493	0,494	0,496	0,497	0,499	0,500	0,502	0,503	0,505	0,506	0,508	0,509
7	0,558	0,560	0,561	0,563	0,565	0,566	0,568	0,570	0,571	0,573	0,575	0,577
8	0,623	0,624	0,626	0,628	0,630	0,632	0,634	0,636	0,637	0,639	0,641	0,643
9	0,688	0,690	0,692	0,694	0,696	0,698	0,700	0,702	0,704	0,706	0,708	0,710
10	0,753	0,753	0,757	0,760	0,762	0,764	0,766	0,769	0,771	0,773	0,775	0,777
11	0,818	0,820	0,823	0,825	0,828	0,830	0,833	0,835	0,838	0,840	0,843	0,845
12	0,883	0,886	0,888	0,891	0,894	0,896	0,899	0,902	0,904	0,907	0,910	0,913
13	0,948	0,950	0,953	0,956	0,959	0,962	0,965	0,968	0,971	0,974	0,977	0,980
14	1,012	1,015	1,018	1,021	1,024	1,027	1,030	1,033	1,036	1,039	1,042	1,045
15	1,077	1,080	1,083	1,087	1,090	1,093	1,096	1,100	1,103	1,106	1,109	1,113
16	1,142	1,145	1,149	1,152	1,156	1,159	1,162	1,166	1,169	1,173	1,176	1,180
17	1,207	1,211	1,214	1,218	1,222	1,225	1,229	1,233	1,236	1,240	1,244	1,247
18	1,272	1,276	1,279	1,283	1,287	1,291	1,294	1,298	1,302	1,306	1,310	1,314
19	1,337	1,341	1,345	1,349	1,353	1,357	1,361	1,366	1,370	1,374	1,378	1,382
20	1,401	1,406	1,410	1,414	1,418	1,422	1,426	1,430	1,434	1,439	1,443	1,447
21	1,466	1,470	1,474	1,479	1,483	1,488	1,492	1,497	1,501	1,506	1,510	1,515
22	1,530	1,534	1,539	1,543	1,548	1,552	1,557	1,561	1,566	1,570	1,575	1,579
23	1,595	1,600	1,605	1,609	1,614	1,619	1,624	1,628	1,633	1,638	1,643	1,648
24	1,660	1,663	1,670	1,675	1,680	1,685	1,690	1,695	1,700	1,705	1,710	1,715
25	1,724	1,729	1,734	1,739	1,745	1,750	1,755	1,760	1,765	1,770	1,775	1,780

*IV. Ueber die quantitative Bestimmung der unorganischen Bestandtheile in den organischen Substanzen; von Heinrich Rose.*

Nachdem man, besonders durch den Einfluss von Liebig's Bemühungen, die unorganischen Bestandtheile in den organischen Körpern mit gröfserer Sorgfalt als früher zu bestimmen suchte, überzeuete man sich von der Schwierigkeit dieser Untersuchungen. Die Zerstörung einer auferordentlich grofsen Menge von organischer Substanz gelingt, wenn dieselbe nur sehr geringe Mengen unorganischer Bestandtheile enthält, und wenn sie durch die erste Einwirkung der Hitze schmilzt, oft nur bei einer sehr hohen Temperatur, durch welche gewisse unorganische Bestandtheile theils verflüchtigt, theils wesentlich in ihrer Zusammensetzung verändert werden. Deshalb weichen die Aschenanalysen von denselben organischen Körpern, welche von verschiedenen ganz zuverlässigen Chemikern angestellt worden sind, oft ganz auferordentlich von einander ab, und dieser Mangel an Uebereinstimmung rührt weniger von einem Mangel an Genauigkeit und an Umsicht her, als von der Anwendung verschiedener Methoden.

Ich habe vor einiger Zeit eine Methode der Untersuchung der unorganischen Bestandtheile in den organischen Substanzen veröffentlicht, die mir die wesentlichsten Mängel der gebräuchlichen Methoden nicht zu haben schien. Sie gründete sich darauf, dafs die organische Substanz bei geringer Hitze verkohlt, die verkohlte Masse erst mit Wasser, und dann mit Chlorwasserstoffsäure ausgekocht, und dafs endlich die durch Auflösungsmittel erschöpfte Kohle, mit Platinchlorid befeuchtet, beim Zutritt der Luft verbrannt wird, was in den meisten Fällen bei nicht sehr hoher Temperatur sich ausführen läfst. Ich zeigte, dafs die verschiedenen organischen Substanzen hierbei ein wesentlich verschiedenes Verhalten zeigen, dafs nämlich aus einigen

die unorganischen Bestandtheile fast vollständig durch die Auflösungsmittel ausgezogen werden können, während dafs man bei andern diefs nur in einem geringen Maafse bewerkstelligen kann.

Die vorgeschlagene Methode erfüllt ihren Zweck bis zu einem gewissen Grade. Sorgfältig angestellte Versuche haben gezeigt, dafs die Endresultate der Untersuchung nach dieser Methode, von verschiedenen Chemikern ausgeführt, sehr genau übereinstimmen können. Allein dennoch hat auch diese Methode ihre Mängel, welche im Laufe dieser Abhandlung, in welcher ich eine Modification derselben ausführlich beschreiben werde, berührt werden sollen.

Nach dieser veränderten Methode werden die organischen Substanzen, wie bei der ältern, auch erst bei gelinder Hitze verkohlt. Diefs geschieht, wie es früher beschrieben ist, in einem Thontiegel oder, wenn sie nur ein geringes Volumen einnehmen, in einem etwas grossen Platintiegel. Kommt es besonders darauf an, in der Kohle einen Gehalt an Kieselsäure nachzuweisen, so darf man sich zur Verkohlung nur eines Platintiegels bedienen; denn bei Anwendung eines hessischen Tiegels oder eines andern Thontiegels kann leicht von der Masse des Tiegels etwas abgerieben werden, und sich mit der verkohlten Substanz mengen, besonders wenn man animalische Substanzen, die bei höherer Temperatur schmelzen, verkohlt.

Flüssige animalische Substanzen, wie Milch, Galle, Blut u. s. w. müssen zuerst in einer Porcellanschale zur Trocknifs abgedampft werden. Um den Wassergehalt dieser Substanzen zu erfahren, dampft man eine gewogene Quantität derselben im Wasserbade zur Trocknifs ab, und erhitzt sie so lange bei 100° C. bis sie nichts mehr an Gewicht verliert. Die getrockneten Rückstände einiger Substanzen (namentlich der sogenannten Proteinkörper) nehmen dabei eine knorpelartige Beschaffenheit an, wie z. B. das Eiweifs und das Blutserum. Es ist bei diesen schwer alles Wasser auszutreiben. Man mufs daher beim Eindampfen die Masse so viel wie möglich zu zerkleinern suchen; denn die spröde



Masse im Mörser zu zerreiben, ist oft nicht ohne Verlust möglich.

Bei der Verkohlung einiger thierischen Substanzen findet oft die große Unannehmlichkeit statt, daß die Masse stark schäumt und leicht aus dem Tiegel steigt. In diesem Falle darf man nur kleine Mengen der Substanz in den Tiegel tragen und verkohlen. Bequemer ist es dann, die Substanzen, welche bei erhöhter Temperatur schmelzen, zuerst in einer Platinschale unter beständigen Umrühren so lange zu erhitzen, bis sie ihren flüssigen Zustand ganz verloren haben, und die organische Materie zum größten Theil schon zerstört ist. Der verkohlte Rückstand wird dann in einen Platintiegel oder auch jetzt ohne Nachtheil in einen Thontiegel gebracht, und mit gut aufgelegtem Deckel, im ersten Falle über der Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge, im letzten Falle zwischen Kohlenfeuer bis zur dunkelsten Rothgluth erhitzt.

Bei der Verkohlung der meisten Pflanzensubstanzen, namentlich der Saamen und der Stroharten sind diese Vorsichtsmaßregeln nicht nöthig, da diese bei der Verkohlung nicht schmelzen, und meistentheils ihre Structur behalten.

Auch die Pflanzensubstanzen werden einer Temperatur von  $100^{\circ}$  C. ausgesetzt, um den Wassergehalt in ihnen zu bestimmen. Es versteht sich, daß man eigentlich nur nöthig hat, einen Theil dazu zu verwenden. Sie können dann ohne Nachtheil in einem Thontiegel verkohlt, und nach der Verkohlung mit Leichtigkeit aus dem Tiegel geschüttet werden, ohne daß etwas von der Substanz an den Wänden des Tiegels haften bleibt, und abgerieben werden muß.

Vor der Verkohlung von Pflanzensubstanzen, namentlich von kleinen Saamenkörnern, muß man dieselben aufs sorgfältigste von dem beigemengten Sande zu reinigen suchen, da dieser bei der Einäschung auf die Bestandtheile der Asche zersetzend einwirken, und zu ungenauen Resultaten Veranlassung geben kann.

Dieses Reinigen der Saamenkörner ist bisweilen mit großen Schwierigkeiten verknüpft, da die äußere Hülle oft mit

mit einem ganz feinen Sande, oder mit Thon so imprägnirt ist, daß sie nur schwer davon zu befreien sind. Es ist dies namentlich beim Rapssaamen und anderen sehr kleinen Saamenkörnern der Fall. Am besten gelingt diese Reinigung vom Sande oder vom Thon, wenn man die Saamenkörner in einem Becherglase mit einer nicht zu großen Menge destillirten Wassers übergießt, einige Augenblicke mit einem Glasstab gut umrührt und dann auf ein etwas weitlöcheriges Sieb bringt, das den feinen Sand durchlaufen läßt, die Saamenkörner aber zurückbehält. Man muß diese Operation noch einige Male wiederholen, aber nie dabei die Körner lange Zeit mit dem Wasser in Berührung lassen, weil sonst aus ihnen auflösliche Salze könnten gezogen werden. Man bringt dann den Saamen auf ein leinenes Tuch und reibt ihn zwischen demselben, wodurch noch feiner an den Körnern haftender Sand fortgenommen wird. Der so gereinigte Saamen ist jetzt fast vollständig rein von fremden Beimengungen. Nach dem Trocknen wird er verkohlt.

Bei der beschriebenen Operation wird man sich überzeugen, mit was für einer außerordentlich großen Menge von Sand und Thon, die sich oft als eine dicke Schicht in dem Wasser absetzt, die Saamenkörner verunreinigt sind. Unterläßt man diese Reinigung, so findet man bei der Untersuchung der Asche oft so große Quantitäten von Kieselsäure und bisweilen auch Thonerde, daß die erhaltenen Resultate dadurch ganz werthlos werden. Die große Verschiedenheit hinsichtlich des Kieselsäuregehalts der Asche einiger organischer Substanzen, die von verschiedenen Chemikern untersucht worden sind, mag wenigstens zum Theil diesem Umstande zugeschrieben werden. Auch wenn von einigen Chemikern Thonerde in der Asche von Pflanzen angegeben wird, so ist wahrscheinlich eine Verunreinigung derselben mit Thon die Ursache davon.

Bei der Untersuchung der Asche eines Rapssaamens, der nicht auf die so eben angeführte Weise gewaschen, sondern auf andere Weise sorgfältig vom Sand getrennt

worden war, und der für hinreichend rein gehalten wurde, da er in einem Beutel durch Schlagen desselben abgestäubt, darauf gesiebt, und dann noch von gröfseren Sandkörnern und andern fremdartigen Beimengungen sorgfältig ausgesucht worden war, gab die erhaltene Asche bei Anwendung von 300 Grm. Saamenkörnern 23,689 Grm. eines ganz feinen Sandes. Unter den Bestandtheilen der Asche wurden 4,36 Proc. Eisenoxyd, 4,32 Proc. Thonerde und 5,55 Proc. Kieselsäure gefunden. Nachdem aber bei einer Wiederholung der Analyse der Saamen durch Waschen auf die oben angeführte Weise gereinigt worden war, gab die Asche 0,63 Proc. Eisenoxyd und 0,91 Proc. Kieselsäure und gar keine Thonerde.

Erhält man beim Auflösen einer Asche in Säuren einen bedeutenden Rückstand von Sand, so kann man mit Sicherheit annehmen, dafs die erhaltenen Resultate kein grofses Vertrauen verdienen.

Zur Untersuchung der Asche von Pflanzensubstanzen, reicht in den meisten Fällen eine Menge von 100 Grm. hin, und auch diese Quantität ist bisweilen schon überflüssig grofs. Nur in manchen Fällen ist es bequem, gröfsere Mengen von Asche zur Verfügung zu haben, um einzelne Bestandtheile aus verschiedenen Mengen von Asche bestimmen zu können.

Bei der Untersuchung animalischer Substanzen mufs man jedoch in fast allen Fällen eine weit gröfsere Menge derselben anwenden, um (da ihr Wassergehalt häufig zwischen 60 und 90 Proc. beträgt) eine hinreichende Menge von Asche zur Untersuchung zu erhalten.

Man hat schon von verschiedenen Seiten darauf aufmerksam gemacht, welche Ungenauigkeiten in den Resultaten der Analyse entstehen, wenn man die verkohlte Substanz beim Zutritt der Luft einäschert. Wenn dies in einer Muffel bei möglichst niedriger Temperatur geschieht, so ist dies wenigstens sehr langwierig. Und wenn bei einer solchen möglichst niedrigen Temperatur die Verflüchtigung oder Zersetzung einzelner Bestandtheile bei grofser Vorsicht vermindert werden könnte, so können doch durch



die lange Dauer, mit welcher die Einäscherung verknüpft ist, Veränderungen in der Asche hervorgebracht werden.

Bei meiner früheren Methode wurde, wie schon oben bemerkt, die verkohlte Masse zuerst fein gepulvert, darauf mit Wasser, dann mit Chlorwasserstoffsäure ausgezogen, und endlich die durch Auflösungsmittel erschöpfte Kohle vermittelst Platinchlorids verbrannt. Die bei diesen drei Operationen erhaltenen Theile wurden jeder für sich untersucht, und endlich die in allen drei Theilen gefundenen Bestandtheile vereinigt, und aus ihnen die Zusammensetzung der Asche berechnet.

Diese Methode war nicht bloß langwierig und umständlich, sondern sie war auch mit einigen Ungenauigkeiten verknüpft. Denn neuere Versuche haben gezeigt, daß namentlich aus der verkohlten Masse, durch Wasser nicht die ganze Menge der alkalischen Chlormetalle ausgezogen werden kann. Man könnte also, wenn man auch durch die nachherige Behandlung mit Chlorwasserstoffsäure und Platinchlorid die richtige Menge der Alkalien erhielt, doch einen Verlust an Chlor nicht vermeiden.

Wenn man nun keinen Werth darauf legt, zu erfahren, in welchem Zustand die unorganischen Bestandtheile in den organischen Substanzen enthalten sind, und nicht zu wissen beabsichtigt, ob sie durch Auflösungsmittel ganz oder nur zum Theil ausgezogen werden können, so kann man in der verkohlten Masse die Kohle vollständig oxydiren, um die organischen Bestandtheile sogleich zu erhalten.

Das Verbrennen der Kohle geht vermittelst Platinchlorids in den meisten Fällen zwar recht gut von statten, aber die Methode hat schon den großen Nachtheil, daß man auf die genaue Bestimmung des Chlors Verzicht leisten muß. Da nun das Platinchlorid die Oxydation der Kohle bei möglichst niedriger Temperatur nicht durch das entweichende Chlor, sondern durch das entstandene fein zertheilte Platin bewirkt, so lag es nahe, statt des Platinchlorids Platinschwamm anzuwenden.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß man bei Anwendung

des Platinschwamms sehr gute Resultate erhalten kann. Hr. Weber hat durch Versuche, deren Resultate weiter unten mitgetheilt werden, erwiesen, dafs wenn man gewogene Quantitäten von unorganischen Salzen mit bedeutenden Mengen von organischer Substanz (Zucker) mengt, das Gemenge verkohlt, und die verkohlte Masse nach Mengung mit Platinschwamm verbrennt, man die ganze Menge der angewandten unorganischen Salze, wenn sie löslich sind, schon durch Wasser ohne Verlust ausziehen kann. — Es ist übrigens schon eine lange bekannte Erfahrung, dafs wenn Kaliumplatinchlorid vorsichtig geglüht wird, man durch Auswaschen mit Wasser die ganze Menge des in ihm enthaltenen Chlorkaliums erhalten kann.

Die Wirkung des fein zertheilten Platins ist hierbei eine zweifache. Durch die Einmischung des unschmelzbaren Platins wird verhindert, dafs namentlich die leicht schmelzbaren Salze die Kohle umgeben, und sie gegen die Verbrennung schützen können, was die hauptsächlichliche Ursache der schweren Oxydation der Kohle bei möglichst niedriger Temperatur ist. Dann aber besitzt bekanntlich das fein zertheilte Platin in einem hohen Grade die Eigenschaft, Gasarten zwischen seinen Poren zu verdichten, wodurch die Verbrennung der Kohle erleichtert und beschleunigt wird.

Was die erste Eigenschaft des Platins betrifft, so hat schon vor längerer Zeit Wackenroder darauf aufmerksam gemacht, dafs es die leicht schmelzbaren unorganischen alkalischen Salze in manchen organischen Substanzen sind, welche die Verbrennung derselben ungemein erschweren, und er hatte deshalb auch vorgeschlagen, die an Erdarten armen verkohlten organischen Körper mit kohlensaurer Baryterde zu mengen, um die Verbrennung der Kohle zu erleichtern. Diese Erleichterung wird auch dadurch bewirkt, aber obgleich man die angewandte Baryterde in manchen Fällen leicht durch Schwefelsäure fortschaffen kann, so ist das doch, besonders bei Anwesenheit von Kalkerde, mit nicht geringen Unbequemlichkeiten verknüpft.

Das Verfahren bei Anwendung des Platinschwamms ist folgendes: Die verkohlte organische Substanz wird in einem Porcellanmörser vorsichtig fein zerrieben, und mit 20 bis 30 Grm. Platinschwamm auf das innigste gemengt. Diese Menge ist mehr als hinreichend, und in Ermangelung so grosser Mengen von Platin kann man auch bedeutend weniger anwenden; doch geht die Verbrennung der verkohlten Masse weit leichter und schneller von statten, wenn sie mit sehr vielem Platin gemengt ist. Das Gemenge bringt man hierauf in eine kleine dünne Platinschale oder besser auf einen grossen concaven Platindeckel von 2 bis 2½ Zoll im Durchmesser und erhitzt das Ganze über der Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge. Nach kurzer Zeit, ehe noch das Gemenge ins Glühen gekommen ist, fängt jedes Kohlentheilchen an zu verglimmen, und die Oberfläche des schwarzen Gemenges überzieht sich mit einer grauen Schicht. Durch fleissiges vorsichtiges Umrühren mit einem kleinen Platinspatel erneuert man die Oberfläche und befördert die Verbrennung. So lange noch unverbrannte Kohle in der Masse enthalten ist, findet ein Verglimmen statt, sobald sie aber vollständig verbrannt ist, hört jedes sichtbare Erglühen auf, auch wenn man dieselbe stärker erhitzt. Da die Verbrennung des ganzen Gemenges nicht auf einmal stattfinden kann, so bringt man neue, nicht zu grosse, Quantitäten auf den Platindeckel oder in die Schale.

Die erhaltene graue platinhaltige Masse wird in einen Platintiegel gebracht und im Luftbade bei einer Temperatur von 120° C. so lange erhitzt, bis sich das Gewicht derselben nicht mehr verändert. Man kocht sie darauf mit Wasser aus und wäscht das Ungelöste mit heissem Wasser aus; das Auswaschen ist in kurzer Zeit beendet. In der filtrirten Flüssigkeit sind alle im Wasser löslichen Bestandtheile der Asche enthalten, nebst geringen Mengen phosphorsaurer Erden, welche vom Wasser in sehr geringer Quantität mit aufgelöst werden. Der ungelöste Rückstand enthält die phosphorsauren Erden, und auch Alkalien. Die Gegenwart letzterer rührt davon her, dafs beim Er-

hitzen die pyro- und metaphosphorsauren Erden aus den entstandenen kohlsauren Alkalien Kohlensäure ausgetrieben und im Wasser unlösliche Doppelsalze von phosphorsauren Erden und Alkalien gebildet haben. In einigen Fällen, besonders bei der Untersuchung von Stroharten, enthält die wässrige Auflösung ausser Kalkerde und Magnesia noch eine mehr oder minder große Menge von Kieselsäure. Erstere sind zum Theil im reinen Zustande bei der Auflösung enthalten, wenn sie ihre Kohlensäure durch eine zu starke Hitze verloren haben.

Die kohlsauren Alkalien in der verkohlten Masse können zum Theil durch Einwirkung der Kohle, zum Theil auch durch die der pyro- und metaphosphorsauren Salze, einen Theil ihrer Kohlensäure verloren haben. Die Bestimmung der Kohlensäure in der Asche hat daher keinen großen Werth, da eine größere oder geringere Menge von gefundener Kohlensäure von manigfaltigen Umständen abhängen kann. Hat man in einer Asche keine Kohlensäure gefunden, findet man aber bei der Zusammenstellung der Resultate die Phosphorsäure mit den Basen als dreibasische phosphorsaure Salze verbunden, so kann man mit Sicherheit annehmen, daß Kohlensäure wenigstens in der schwach verkohlten Masse enthalten war, da die dreibasischen phosphorsauren Alkalien, und besonders auch die dreibasische phosphorsaure Magnesia eine sehr geringe Beständigkeit besitzen, und nicht gut in einer organischen Substanz existiren können, da sie sich mit so großer Leichtigkeit in wasserhaltige phosphorsaure und in kohlsaure Salze verwandeln.

Es wäre wünschenswerth, gemeinschaftlich übereinzukommen, ob man bei Aschenanalysen die gefundene Kohlensäure mit anführen soll oder nicht, um die Resultate der Analysen besser mit einander vergleichbar zu machen.

Der erhaltene wässrige Auszug wird bis zur Trockniss abgedampft, die trockne Masse schwach geglüht, und ihr Gewicht bestimmt. Will man die Kohlensäure in ihr bestimmen, so ist es nöthig, erst Kohlensäuregas vor dem



Abdampfen durch die Lösung zu leiten, um die Kohlensäure zu ersetzen, die in den kohlensäuren Alkalien durch den Einfluß der Kohle in Kohlenoxyd verwandelt worden ist.

Beträgt das Gewicht des trocknen Rückstandes einige Gramme, so kann man zur Bestimmung einzelner Bestandtheile verschiedene Mengen desselben benutzen und um eine Controle für die Richtigkeit der Untersuchung zu erhalten, auch in jedem Falle die Kohlensäure bestimmen. Ist aber das Gewicht des trocknen Rückstandes gering, so bestimmt man alle Bestandtheile in einer und derselben Menge desselben.

Der Gang der Untersuchung ist dann folgender: Die in Wasser gelöste Masse wird durch verdünnte Salpetersäure übersättigt, (was, wenn die Kohlensäure quantitativ bestimmt werden soll, in einem dazu geeigneten Apparate geschehen muß). Scheidet sich bei der Uebersättigung Kieselsäure aus, so wird diese abfiltrirt, und in der filtrirten Lösung durch salpetersaures Silberoxyd das Chlor abgeschieden. Man entfernt darauf das überschüssige Silberoxyd durch Chlorwasserstoffsäure und dampft in einer Porcellanschale die Flüssigkeit bei sehr geringer Hitze bis zur Trocknifs im Wasserbade ab. Der trockne Rückstand wird mit Chlorwasserstoffsäure befeuchtet, Wasser hinzugefügt und die abgeschiedene Kieselsäure abfiltrirt. Ihr Gewicht wird gemeinschaftlich mit der bestimmt, welche etwa bei der Sättigung der trocknen Masse durch Salpetersäure abgeschieden worden war.

Die von der Kieselsäure abfiltrirte Flüssigkeit wird durch Ammoniak übersättigt. Es wird hierdurch in den meisten Fällen ein nicht sehr bedeutender Niederschlag von phosphorsäuren Erden entstehen, die abfiltrirt, und nicht zu lange ausgewaschen werden, da sie sich sonst zum Theil wieder im Wasser lösen. Man glüht diese Fällung, zieht ihr Gewicht von dem des zur Trocknifs abgedampften wässrigen Auszugs ab, und bewahrt sie auf, um sie dem salpetersau-

ren Auszuge des in Wasser unlöslichen Rückstandes hinzuzufügen.

Die Flüssigkeit, welche von dem durch Ammoniak entstandenen Niederschlage abfiltrirt worden ist, wird mit etwas Oxalsäure versetzt, wodurch nur in wenigen Fällen eine geringe Trübung von oxalsaurer Kalkerde entsteht, welche von der im wässrigen Auszuge aufgelösten schwefelsauren Kalkerde herrührte. Nur bei der Analyse der Stroharten findet sich dieselbe im wässrigen Auszuge; bei der Untersuchung der Saamen und der animalischen Substanzen entsteht in dem wässrigen Auszuge keine Trübung durch Oxalsäure.

Die von der oxalsaurer Kalkerde abfiltrirte Auflösung wird mit Chlorbaryum versetzt, wodurch schwefelsaure, phosphorsaure und auch wohl etwas oxalsaurer Baryterde gefällt wird. Der Niederschlag wird nach dem Filtriren ausgewaschen. Enthält er oxalsaurer Baryterde, so ist ein vollständiges Auswaschen nicht möglich, da dieselbe auflöslich ist. Man behandelt die Fällung darauf mit verdünnter Chlorwasserstoffsäure, wobei die schwefelsaure Baryterde ungelöst bleibt, die ihrem Gewicht nach bestimmt wird, woraus man das der Schwefelsäure berechnet. In der filtrirten Flüssigkeit entfernt man die Baryterde durch verdünnte Schwefelsäure, übersättigt dann mit Ammoniak und fällt die Phosphorsäure als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia.

Die Flüssigkeit, aus welcher die Schwefelsäure und die Phosphorsäure durch Chlorbaryum geschieden worden sind, wird mit kohlensaurem Ammoniak mit einem kleinen Zusatz von freiem Ammoniak versetzt, um die Baryterde des überschüssigen Chlorbaryums abzuschcheiden. Man dampft das Filtrat bis zur Trockniss ab, und verjagt die ammoniakalischen Salze durch Glühen; der geglühte Rückstand enthält die Alkalien als Chlormetalle. Man bestimmt ihr Gewicht, und trennt Kali und Natron nach bekannten Methoden von einander.

Dieser Gang der Untersuchung des wässrigen Auszugs der verkohlten Masse ist im Wesentlichen ganz derselbe, wie ich ihn früher vorgeschlagen habe <sup>1)</sup>).

Das mit Wasser ausgezogene Platin wird nun mit verdünnter Salpetersäure behandelt. Es wird einige Male damit erhitzt, abfiltrirt und mit heissem Wasser, zu welchem einige Tropfen Salpetersäure gesetzt worden sind, ausgewaschen. Die Lösung enthält Verbindungen von Phosphorsäure mit Kalkerde, Magnesia und Eisenoxyd, in dem sehr häufig Spuren von Mangan sich finden, salpetersaures Kali und Natron, (von den alkalihaltigen phosphorsauren Erdsalzen herrührend) und salpetersaure Kalkerde und Magnesia. Letztere finden sich besonders in der Untersuchung der Stroharten, und sind in der Asche als kohlensaure (oder bei stärkerem Glühen zum Theil als reine) Erden enthalten. Die Auflösung enthält nie Schwefelsäure und Chlor.

Sie wird bis zu einem geringen Volumen abgedampft, doch so, daß noch ein Ueberschuß von Salpetersäure vorhanden bleibt, und dann mit metallischem Quecksilber behandelt, um auf die von mir beschriebene Weise die Phosphorsäure von den Basen zu trennen <sup>2)</sup>).

In manchen Fällen kann man auch aus der salpetersauren Lösung die phosphorsauren Erden durch Ammoniak fällen, den Niederschlag in Salpetersäure lösen, und mit metallischem Quecksilber zerlegen. Bei den Analysen der Aschen von Stroh ist dieß sogar bequemer, da in diesen die Menge der phosphorsauren Erden nur gering, und in der Lösung die Basen vorzüglich als salpetersaure enthalten sind.

Wenn man das mit Wasser erschöpfte Platin statt mit Salpetersäure mit Chlorwasserstoffsäure behandelt, so hat die Anwendung dieser Säure einige Unbequemlichkeiten, da bei der Trennung der Phosphorsäure von den Basen mittelst metallischen Quecksilbers, Salpetersäure hinzugefügt werden muß, und dann die Gegenwart der Chlorwasserstoffsäure störend einwirkt, weil eine große Menge

1) Pogg. Ann. Bd. 76, S. 325.

2) Pogg. Annal. Bd. 76, S. 252.

von Quecksilberchlorür sich bildet, welches das metallische Quecksilber bedeckt, und die Zersetzung sehr erschwert.

Das mit Wasser und Salpetersäure erschöpfte Platin enthält nur noch Kieselsäure. Man erhitzt es in einer Platinschale mit einer Auflösung von Kalihydrat, filtrirt und wäscht mit heißem Wasser aus. Aus der alkalischen Auflösung wird die Kieselsäure auf die bekannte Weise erhalten.

Das durch Wasser, Salpetersäure und Kalilösung erschöpfte Platin wird bei  $120^{\circ}\text{C}$ . getrocknet, bis es nicht mehr an Gewicht abnimmt. Was es jetzt weniger wiegt als nach der Verbrennung der Kohle ist das Gewicht der Asche, weniger der Quantität von Kohlensäure, die sich, wie schon oben erwähnt wurde, nicht mit Genauigkeit bestimmen läßt.

Hat man die organischen Substanzen, besonders die vegetabilischen zuvor sorgfältig gereinigt so ist auch nach der Untersuchung das Platin rein; sonst enthält es Sand und Thon. Die mechanische Reinigung der organischen Substanzen von diesen Einmengungen ist auch schon deshalb wohl zu berücksichtigen, um das Platin rein zu erhalten, und um nicht gezwungen zu seyn, das Platin aufzulösen, was bei so bedeutenden Mengen etwas unangenehm ist.

Dasselbe Platin ist bis jetzt zwölfmal angewandt worden. Es hat zwar allmählig bedeutend an Volumen abgenommen, doch besitzt es fast noch dieselbe Fähigkeit, die Verbrennung zu beschleunigen wie zuvor. Es kann gewiß noch oft zu demselben Zwecke angewandt werden; endlich aber wird es wohl so dicht werden, daß es bei der ferneren Anwendung die Verbrennung der Kohle nicht mehr begünstigt. Dann muß es aufgelöst werden. Aus der Lösung wird es durch Chlorammonium gefällt, und auf die bekannte Weise wieder in Platinschwamm verwandelt.

Die Verbrennung einer verkohlten organischen Substanz mit Hülfe von Platinschwamm dauert, wenn man ungefähr 100 Grm. der Substanz angewandt hat, 2 bis 3 Stunden, während die Verbrennung der Kohle nach jeder andern Methode bei weitem mehr Zeit in Anspruch nimmt, und

mit weit grösseren Unannehmlichkeiten verknüpft ist. Die von mir jetzt vorgeschlagene Methode erfordert zwar eine bedeutende Menge von Platin, da aber von demselben nichts verloren geht, so ist kein pecuniärer Nachtheil dabei.

Man kann zwar bei dem Gange der Untersuchung manche Veränderung anbringen, doch müssen dieselben wohl erwogen werden.

Man könnte z. B. nach der Oxydation der Kohle, wenn man die Kohlensäure nicht bestimmen will, das Platin unmittelbar durch Salpetersäure ausziehen, wodurch die Untersuchung sehr vereinfacht würde. Diefs kann aber nur geschehen, wenn in der Asche keine Chlormetalle enthalten sind, was nur höchst selten der Fall ist. Bei Anwesenheit der Chlormetalle wird durch die Salpetersäure etwas Platin aufgelöst, dessen Entfernung mit grossen Unannehmlichkeiten verknüpft ist.

Man könnte den wässrigen und den salpetersauren Auszug des Platins mit einander vereinigen, wodurch ebenfalls die Untersuchung vereinfacht würde. Aber auch diese Veränderung ist nicht zu empfehlen. In dem vereinigten Auszuge mufs dann zuerst, wenn sich Kieselsäure ausgeschieden hat, diese filtrirt werden, darauf wird durch salpetersaures Silberoxyd das Chlor, und durch Chlorwasserstoffsäure das überschüssige Silberoxyd abgeschieden. Dann mufs man durch Chlorbaryum die Schwefelsäure fällen und durch Schwefelsäure die überschüssige Baryterde entfernen. Wenn man nun die phosphorsauren Erden durch Ammoniak fällt, so enthält die filtrirte Flüssigkeit bei der Analyse der verschiedenen organischen Substanzen verschiedene Bestandtheile. Bei der Untersuchung der Stroharten ist in derselben noch Kalkerde, Magnesia, Kali, Natron, Kieselsäure und ausserdem noch Chlorammonium, salpetersaures und schwefelsaures Ammoniak. Bei der Untersuchung anderer organischer Substanzen findet man in jener Flüssigkeit keine Kalkerde und keine Magnesia, aber ausser jenen Substanzen noch phosphorsaure Alkalien. Man müfste nun bei Gegenwart von Kalkerde dieselbe durch Oxalsäure fäl-

len, dann aber müßte man die Flüssigkeit zur Trockniss abdampfen und die ammoniakalischen Salze verjagen. Diefs aber darf wegen der Anwesenheit des Chlorammoniums und des salpetersauren Ammoniaks nur in einer Porcellanschale geschehen, (da eine Platinschale stark angegriffen wird und sehr leiden würde) und da auch die Verflüchtigung des schwefelsauren Ammoniaks sehr unangenehm ist, so ist diese Modification der Methode, obgleich sie einfacher ist, nicht zu empfehlen.

Aus diesen Gründen wäre es auch nicht vortheilhaft, eine Asche, welche man ohne Hülfe des Platinschwamms erhalten hat, sogleich mit Salpetersäure und nicht zuvor erst mit Wasser zu behandeln.

Zur Prüfung der Methode hat Hr. Weber mehrere Versuche mit Salzen angestellt, welche mit großen Mengen von organischer Substanz gemengt wurden, worauf er das Gemenge verkohlte, mit Platinschwamm verbrannte, und aus der erhaltenen Masse die Salze wiederum zu erhalten suchte.

I. Es wurden angewandt:

0,869 Grm.	Chlornatrium
0,466	- schwefelsaures Natron
2,060	- kohlensaures Natron
3,395.	

Die Salze wurden in Wasser gelöst, und mit einer Auflösung von Zucker, die 6 Loth Zucker enthielt, gemengt, das Ganze darauf abgedampft und verkohlt. Die erhaltene Kohle wurde mit Sorgfalt in einem Porcellanmörser fein gerieben, mit Platinschwamm gemengt und nach der oben beschriebenen Methode verbrannt. Der Rückstand wurde mit heissem Wasser ausgezogen und ausgewaschen. Als der wässrige Auszug mit Salpetersäure übersättigt wurde, entstand nur eine sehr geringe Kohlensäureentwicklung, die lange nicht der Menge des angewandten kohlensauren Natrons entsprach. Die Kohlensäure war also bei der Verkohlung und bei der Einäscherung zum grössten Theil durch die Wirkung der Kohle als Kohlenoxydgas ausgetrieben

worden, da in den angewandten Salzen keines war, das die Verflüchtigung der Kohlensäure hätte veranlassen können.

In der Flüssigkeit wurde das Chlor durch salpetersaures Silberoxyd, die Schwefelsäure nach Entfernung des Silberoxyds durch Chlorbaryum bestimmt, und nach Entfernung der Baryterde das Natron als schwefelsaures Natron erhalten.

Es wurden erhalten

2,079 Grm. Chlorsilber	= 15,11 Proc. Chlor
0,825 - schwefels. Baryterde	= 8,34 - Schwefels.
4,268 - schwefels. Natron	= 55,02 - Natron

Im angewandten Salzgemenge sind enthalten

Chlor	15,46 Proc.
Schwefelsäure	7,71 -
Natron	55,17 -

Dieser Versuch zeigt, dafs die unorganischen Bestandtheile in einer verkohlten Masse durch Oxydation mittelst des Platinschwamms mit Genauigkeit wiedergefunden werden können. Ich lasse es unausgemacht, was die Ursache der gröfseren Menge der erhaltenen Schwefelsäure war.

II. Nicht nur um das Verhalten der phosphorsauren Salze, sondern, besonders um die Einwirkung derselben auf alkalische Chlormetalle kennen zu lernen, wurden zu dem zweiten Versuche ein Salzgemenge von

1,875 Grm. phosphorsauren Natron ( $\text{Na}^2\text{P}$ )

1,222 - Chlornatrium

3,097.

angewandt. Es wurde nach der Lösung wie das frühere Salzgemenge mit einer Auflösung von 6 Loth Zucker gemengt, und mit dem Ganzen wie zuvor verfahren. Der verbrannte Rückstand wurde mit Wasser ausgezogen, darauf nach Ansäuerung der Lösung mit Salpetersäure das Chlor durch Silberoxydlösung gefällt, nach Abscheidung des Silberoxyds wurde die filtrirte Flüssigkeit zu einem kleinen Volumen abgedampft, und mit Salpetersäure und metallischem Quecksilber im Wasserbade zur Trockniß abgedampft. Nach



Behandlung der trocknen Masse mit Wasser wurden in dem Ungelösten nach schon beschriebenen Methoden die Phosphorsäure an Natron gebunden, und als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia gefällt. In dem Aufgelösten wurde das gelöste Quecksilber durch Ammoniak niedergeschlagen, die filtrirte Flüssigkeit zur Trockniss abgedampft, und die trockene Masse, um das Natron in derselben als Chlornatrium zu erhalten, mit Chlorammonium gemengt und geglüht. Wenn man eine bedeutende Menge von diesem Salze anwendet, so kann das Glühen in einem Platintiegel geschehen, ohne daß derselbe leidet, was der Fall ist, wenn salpetersaures Ammoniak gegen Chlorammonium vorwaltend ist.

Es wurden erhalten:

2,577 Grm. Chlorsilber	= 20,15 Proc. Chlor
1,568 - $Mg^2P$	= 32,06 - Phosphorsäure
2,854 - Chlornatrium	= 49,15 - Natron

Im angewandten Salzgemenge sind enthalten:

23,79 Proc. Chlor
32,25 - Phosphorsäure
49,27 - Natron.

Man sieht hieraus, daß die Mengen der Phosphorsäure und des Natrons sehr genau wiedererhalten wurden, nicht aber die des Chlors, von dem ein Theil durch das phosphorsaure Natron ausgetrieben wurde.

III. Es wurde ein dritter Versuch angestellt, um zu sehen, ob die Einwirkung der phosphorsauren Salze auf alkalische Chlormetalle nicht durch Einmischung von kohlen-sauren Alkalien aufgehoben werden kann. Es wurde daher folgendes Salzgemenge angewandt:

1,086 Grm. Chlornatrium
1,410 - phosphorsaures Natron ( $Na^2P$ )
1,418 - kohlen-saures Natron.
3,914.

Die Lösung des Salzgemenges wurde wiederum mit der Lösung von 6 Loth Zucker abgedampft, das Ganze verkohlt und wie zuvor mit Platinschwamm verbrannt. Bei der Au-

säuerung des wässrigen Auszugs mit Salpetersäure wurde nur eine sehr schwache Entwicklung von Kohlensäure bemerkt:

Es wurden erhalten:

2,553 Grm. Chlorsilber	=16,09 Proc. Chlor	
1,253 - $\text{Mg}^{\text{3}}\text{P}$	=20,08 - Phosphorsäure	
3,996 - Chlornatrium	=54,24 - Natron	

In dem angewandten Salzgemenge sind enthalten:

16,73 Proc. Chlor	
19,21 - Phosphorsäure	
52,81 - Natron.	

Durch einen unbekannten Umstand ist bei diesem Versuche eine grössere Menge von Phosphorsäure und von Natron erhalten worden, aber die Menge des Chlors stimmt ziemlich gut mit der im angewandten Chlornatrium, so dass man annehmen kann, dass bei einer hinreichenden Menge von kohlen-sauren Alkalien bei der Verkohlung und bei der Einäscherung kein Chlor aus den alkalischen Chlormetallen durch phosphorsaure Alkalien ausgetrieben wird.

Bei der Einäscherung von organischen Substanzen wird man daher durch die Analyse die richtige Menge des Chlors erhalten, wenn zugleich dabei eine gehörige Menge von kohlen-sauren Alkalien sich bildet. Die Bestimmung wird aber ungenau, wenn neben den alkalischen Chlormetallen pyrophosphorsaure Alkalien in grösserer Menge zugegen sind, und das Chlor kann gänzlich bei der Verkohlung ausgeschieden werden, wenn die organische Substanz metaphosphorsaure Salze enthält, wie dies namentlich bei einer von Hrn. Weber angestellten Untersuchung des Eigelbs der Fall gewesen ist <sup>1)</sup>. In diesen Fällen wäre es rathsam, die organische Materie vor der Verkohlung mit der Lösung einer gewogenen Menge von kohlen-saurem Natron zu behandeln, damit einzutrocknen, und von dem durch die Analyse gefundenen Natrongehalt den des angewandten Salzes abzuziehen. Das Eintrocknen und das Ver-

1) Pogg. Ann. Bd. 79, S. 408.

kohlen der organischen Substanz darf dann nur in einem Platintiegel stattfinden.

Nachdem diese Abhandlung schon ausgearbeitet worden war, erschien eine ähnliche Inhalts von Hrn. Strecker.<sup>1)</sup> Bei der Bestimmung der unorganischen Bestandtheile in den organischen Substanzen verwirft er die früher von mir vorgeschlagene Methode der Verkohlung und empfiehlt die Einäscherung in einer Muffel, aber bei einer bei Tage nicht sichtbaren Rothglühhitze. Die Resultate der Versuche, die er angestellt hat, um sich zu überzeugen, daß bei dieser Temperatur kein Chlornatrium sich verflüchtigt, und die Methode genau sey, sind sehr günstig ausgefallen. Um dem Verlußt an Chlor bei Gegenwart von phosphorsauren Salzen zuvor zukommen, mengte er die organische Substanz mit Baryterdehydrat. Er macht darauf aufmerksam, daß durch die Anwendung derselben auch die ganze Menge des Schwefels und des Phosphors, wenn diese als solche in der organischen Substanz enthalten waren, als Schwefelsäure und Phosphorsäure in der Asche gefunden werden.

Der größte Vortheil der Methode der vollkommenen Einäscherung liegt unstreitig darin, daß man die ganze Menge der Asche unmittelbar ihrem Gewichte nach bestimmen kann. Hat man ferner eine bedeutende Menge davon erhalten, so hat man nicht nöthig dieselbe Quantität der Asche zur Bestimmung aller Bestandtheile anzuwenden, sondern kann verschiedene Mengen dazu verwenden, um nur einzelne Bestandtheile ihrer Menge nach aufzufinden, wodurch die Analyse oft vereinfacht wird, und bisweilen mit größerer Genauigkeit ausgeführt werden kann. Ist ferner ein Fehler bei der Untersuchung vorgefallen, so hat man nicht nöthig, die Einäscherung noch einmal vorzunehmen, wenn man sich einen Vorrath von Asche verschafft hat.

Andererseits hat aber auch die Anwendung des Platinschwammes

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 73, S. 339.

schwamms sehr bedeutende Vortheile. Die Einäschung mit demselben ist in sehr kurzer Zeit vollendet, während die Einäschung ohne denselben in der Muffel sehr lange Zeit erfordert. Dasselbe findet auch statt, wenn man die verkohlte organische Substanz in einer Glasröhre einäschert, während man einen sehr langsamen Strom von Sauerstoffgas darüber leitet, und die etwa entweichenden flüchtigen Bestandtheile in Wasser leitet. Die Temperatur ist bei der Verbrennung mit Platinschwamm auf einem Platindeckel so gering, daß sie kaum die dunkelste Rothgluth erreicht. Daß dabei, ungeachtet einer außerordentlich bedeutenden Menge von Kohle kein Chlornatrium sich verflüchtigt, haben Versuche dargethan.

Die Versuche, welche Hr. Strecker angestellt hat, um zu beweisen, daß bei der Einäschung in der Muffel kein Chlornatrium sich verflüchtigt, sind nicht ganz überzeugend, da bei diesen das Chlornatrium mit einer zu geringen Menge von Zucker gemengt worden war. Es wurden auf 5,2 und 2,67 Grm. Chlornatrium nur 8 und 10 Grm. Zucker angewandt. Diese geringen Mengen geben aber bei der Verkohlung nur sehr geringe Quantitäten von Kohle, so daß das Chlornatrium die gemengte Kohle bei weitem an Gewicht übertraf. 10 Grm. Zucker beim Ausschluss der Luft verkohlt, hinterließen bei einem Versuche nur 1,23 Grm. Kohle. Hr. Weber wandte bei seinen Versuchen ungefähr die dreifache Menge von Zucker an gegen geringe Mengen von unorganischen Salzen. Er suchte diese mit ungefähr so vieler kohlehaltiger Materie zu mengen, daß ein ähnliches Verhältniß dadurch erhalten wurde, wie nach der Verkohlung in vielen organischen Substanzen zwischen den unorganischen und organischen Bestandtheilen stattfindet. Es fragt sich nun, ob wirklich kein Chlornatrium sich in der Muffel verflüchtigt, wenn dasselbe mit sehr vieler organischer Materie gemengt eine lange Zeit hindurch der Rothgluth, wenn auch nur der dunkelsten, ausgesetzt wird.

Die Anwendung von Baryterdehydrat hat gewiß viele Vortheile. Aber die Wegschaffung der schwefelsauren Ba-

ryterde bei Gegenwart von Kalkerdesalzen ist mit so bedeutenden Unannehmlichkeiten verknüpft, daß vielleicht die Anwendung einer gewogenen Menge von kohlensaurem Natron vorzuziehen ist.

Die gänzliche Einäschernng sowohl in der Muffel als besonders in einer weiten Glasröhre durch einen sehr langsamen Strom von Sauerstoffgas ist noch mit einer andern Unannehmlichkeit begleitet. Ein Theil der Asche sintert manchmal an dem Thone oder dem Glase, besonders wenn leicht schmelzbare Salze darin enthalten sind, fest an, und läßt sich auch bei Anwendung von Auflösungsmitteln nicht gut von der Unterlage trennen. Diefs ist bei Anwendung von Platinschwamm nie der Fall, und auch zu vermeiden, wenn bei der Einäschernng in der Muffel die organische Substanz in eine Platinschale gelegt wird.

---

V. *Ueber das Vorkommen der Bernsteinsäure im menschlichen Körper von W. Heintz.*

---

Schon im vorigen Jahre habe ich in den Jenaischen Annalen für Physiologie und Medicin (Bd. I. S. 180) eine Arbeit unter dem Titel: Untersuchung des flüssigen Inhalts der Echinococcenbälge (Hydatidenbälge) einer Frau, bekannt gemacht, in welcher ich zeigte, daß die klare oder kaum getrübbte Flüssigkeit, welche den Inhalt dieser häutigen Bälge ausmacht, die sich am häufigsten in der Leber, aber auch in allen anderen Theilen des Körpers, namentlich in der Bauchhöhle und selbst in den Muskeln nicht bloß beim Menschen, sondern auch bei Thieren vorfinden, und welche sich dadurch auszeichnet, daß sich aus ihr gewöhnlich schnell ein Bodensatz absetzt, welcher aus den bekannten Echinococcen besteht, bernsteinsaures Natron enthält. Ich glaube schon damals genügend die Identität der von mir daraus

dargestellten Säure mit der Bernsteinsäure nachgewiesen zu haben, obgleich die Menge derselben, welche ich gewonnen hatte, nicht hinreichte, um eine Elementaranalyse anzustellen. Jetzt ist es mir durch die Güte des Hrn. Prof. Dr. Langenbeck, welcher mir vor Kurzem  $\frac{3}{4}$  Quart einer solchen Flüssigkeit zugesendet hat, möglich geworden, auch diese auszuführen. Ich kann mich aber nicht damit begnügen, das Resultat der Analyse einfach anzuführen, sondern ich werde einen kurzen Auszug meines früheren Aufsatzes vorausschicken, weil ich annehmen darf, daß den Chemikern die Jenaischen Annalen, worin er abgedruckt ist, nicht leicht zur Hand sind, und die bloße Analyse vielleicht nicht als genügend zu dem Beweise erachtet werden möchte, daß diese Säure wirklich Bernsteinsäure sey.

Die Echinococcenflüssigkeit, welche ich im vorigen Jahre untersuchte, war den Echinococcenbälgen entnommen, welche sich in der Leber einer Frau in großer Menge und von ansehnlicher Größe gebildet hatten. Sie war farblos, ziemlich klar, beim Umschütteln nur von schnell sich zu Boden senkenden Flocken, die aus Echinococcen und kleineren Echinococcenbälgen bestanden, getrübt, reagirte schwach alkalisch, besaß ein spec. Gewicht von 1,0076 und enthielt nur Spuren von Eiweiß, denn in der Kochhitze, wie beim Zusatz von Salpetersäure wurde sie nur unbedeutend getrübt. Die alkalische Reaction derselben rührte nicht von kohlensaurem Ammoniak, sondern von kohlensaurem Natron her, denn ein ihr genäherter mit Salzsäure befeuchteter Glasstab erzeugte keine Nebel von Salmiak. Außerdem fand ich darin weder Schwefelsäure noch wägbare Mengen von Phosphorsäure, dagegen Chlor in großer Menge, etwas Kalk, Kali und Talkerde und viel Natron.

Zur Ausmittelung der Natur der organischen Bestandtheile dieser Flüssigkeit dampfte ich eine bedeutende Quantität derselben anfangs über freiem Feuer, zuletzt im Wasserbade ein. Hierbei trübte sich die Flüssigkeit und bildete auf der Oberfläche eine Haut, die sich allmählig wie-

der erzeugte, wenn sie entfernt wurde. Aus der abgedampften Masse krystallisirte viel Kochsalz heraus. Sie würde mit Alkohol vermischt, wodurch ein sehr viel Kochsalz enthaltender Syrup gefällt wurde, aus dem wohl charakterisirte organische Substanzen darzustellen mir nicht gelungen ist. In dem alkoholischen Auszuge konnte durch eine alkoholische Chlorzinklösung kein Kreatin gefällt werden, und auch nachdem ein Theil der Hydatidenflüssigkeit selbst mit etwas Salzsäure zur Trockne gebracht worden war, brachte Chlorzinklösung in dem alkoholischen Auszuge dieses Rückstandes keinen Niederschlag hervor. Es war also auch kein Kreatin vorhanden. Ebenso wenig konnte ich Harnstoff oder Harnsäure darin entdecken.

Aus dem nach dem Verdunsten der alkoholischen Lösung bleibenden Extracte schieden sich neben wenigen Kochsalzkrystallen nach langer Zeit büschelförmig gruppirte lange Nadeln ab, die durch Abpressen und theils durch Umkrystallisiren, theils durch Auflösen in wenig Wasser und Fällen mittelst starkem Alkohol, worin sie sich nur schwer lösten, gereinigt wurden. Die Auflösung der möglichst gereinigten Krystalle in wenig Wasser setzte beim Zusatz von Salzsäure kleine Krystalle einer schwer löslichen Säure ab, welche durch Eindunsten der Flüssigkeit und Ausziehen mit Aether von einem darin unlöslichen Salze geschieden werden konnte, welches aus reinem Chlornatrium bestand.

Durch Verdunsten der ätherischen Lösung wurde eine stark sauer reagirende, in der Wärme unter Bräunung schmelzende, bei stärkerer Hitze ein weißes krystallinisches Sublimat liefernde krystallinische Masse erhalten, welche ich nach diesen Erscheinungen anfangs für Hippursäure oder noch etwas verunreinigte Benzoësäure hielt. Bei genauerer Untersuchung beobachtete ich jedoch so entscheidende Unterschiede zwischen diesen Säuren und der aus der Hydatidenflüssigkeit gewonnenen, daß ich von dieser Ansicht zurückkommen mußte.

Ich fand nämlich 1) daß diese Säure bei der Sublima-



tion stets vollkommen scharf ausgebildete Krystalle lieferte, während die Benzoësäure, mag sie als solche selbst mit der größten Vorsicht sublimirt werden, oder bei der Zersetzung der Hippursäure durch Hitze entstehen, stets abgerundete Blättchen bildet, an denen keine scharfen Kanten oder Ecken beobachtet werden können;

2) dafs sie bei  $150^{\circ}$  C. bis  $160^{\circ}$  C. anfängt langsam zu sublimiren, aber erst bei  $180^{\circ}$  bis  $190^{\circ}$  C. schmilzt und nun etwas schneller sublimirt, während die Benzoësäure schon bei  $120^{\circ}$  C. schmilzt, und die Hippursäure selbst bei  $180^{\circ}$  bis  $190^{\circ}$  C. nur eine anfangende Schmelzung erleidet, und noch kaum eine Spur eines Sublimats liefert;

3) dafs das Natronsalz derselben durch Alkohol gefällt wird, während das hippursäure Natron durch Alkohol nach Schwarz <sup>1)</sup> nicht fällbar ist, welche Angabe ich zu bestätigten Gelegenheit hatte;

4) dafs sie keinen Stickstoff enthält, dessen Abwesenheit ich sowohl nach der Lassaigne'schen Methode mittelst Natrium, als auch nach der älteren Methode durch Glühen mit Kalikalk nachgewiesen habe.

Dafs die Säure nicht Oxalsäure war, ging schon daraus hervor, dafs in einer alkalischen Flüssigkeit nicht zugleich Oxalsäure und Kalkerde gelöst enthalten seyn können, wie dies in der Hydatidenflüssigkeit der Fall war.

Es blieb daher nur noch übrig, sie mit der Bersteinsäure zu vergleichen; entweder mußte sie diese Säure, oder eine neue noch nicht bekannte Säure seyn. Die Untersuchung hat ergeben, dafs sie in allen Stücken mit der Bernsteinsäure übereinkommt.

Beide Säuren sind in Aether, wenn auch nicht sehr leicht, löslich, lösen sich auch schwer im Wasser, reagiren stark sauer, enthalten keinen Stickstoff, bilden ein in Wasser lösliches Kalksalz, sublimiren schon bei  $150^{\circ}$  —  $160^{\circ}$  C sehr langsam, fangen bei  $175^{\circ}$  C. an zu schmelzen, sind aber erst etwa bei  $185^{\circ}$  C. vollständig geschmolzen, und

1) Ann. d. Chem. und Pharm. Bd. 54, S. 36. \*

blimiren nun schneller in vollständig ausgebildeten Krystallen. Zwar scheint es, als wenn ein Umstand gegen die Identität beider Säuren spricht, nämlich der, daß das Natronsalz der aus der Hydatiden-Flüssigkeit erhaltenen durch Alkohol gefällt wird, während nach Doëpping<sup>1)</sup> das bernsteinsäure Natron in wäsrigem Weingeist leicht löslich ist. Allein ein directer Versuch überzeugte mich, daß auch das bernsteinsäure Natron durch starken Alkohol aus seiner concentrirten wäsrigen Lösung gefällt wird, und zwar ganz in derselben Form, wie das entsprechende Salz jener Säure.

Aber alle oben angegebenen Eigenschaften genügen nicht, um die Identität der in der Echinococcenflüssigkeit gefundenen Säure und der Bernsteinsäure zu beweisen. Da ich wegen Mangels an Material keine Elementaranalyse anstellen konnte, so kam ich auf den Gedanken, die Krystalle derselben mittelst des Mikroskops zu untersuchen, welche beim Erhitzen bis  $180^{\circ}$  C. sublimirten. Es fand sich, daß die Säure aus der Hydatiden-Flüssigkeit schiefe rhombische Prismen bildete. Ob diese aber dem ein- und eingliedrigen oder zwei- und eingliedrigen Systeme angehören, konnte ich nicht entscheiden, obgleich es mir in einem Falle, wo es mir gelang, den Krystall auf die nur äußerst kleine Abstumpfungsfäche einer der Kanten zu wälzen, auf welche die schiefen Endflächen aufgesetzt waren, schien, als wenn der von diesen Kanten und der durch die beiden schiefen Endflächen gebildeten Kante erzeugte Winkel ein schiefer sey, wonach dann die Krystalle dem ein- und eingliedrigen Systeme angehören mußten. Dagegen ließen sich die Winkel, welche die schiefen Endflächen und die Flächen des rhombischen Prismas auf der Längsfläche des Krystalls bilden, sehr genau mittelst des Mikrogoniometers messen. Sie betrugen im Mittel von drei nur um wenige Minuten differirenden Messungen  $110^{\circ} 10'$  und  $136^{\circ} 45'$ .

Die Krystalle, welche ich auf gleiche Weise aus Bernsteinsäure erhielt, die aus Bernstein dargestellt worden war, verhielten sich durchaus ebenso, wie jene. Die entspre-

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 47, S. 261. \*

chenden Winkel an denselben wurden im Mittel von sechs an verschiedenen Krystallen ausgeführt, unter einander nur um wenige Minuten abweichenden Messungen gleich  $110^{\circ} 20'$  und  $136^{\circ} 40'$  gefunden.

Dieses Resultat meiner Versuche war es namentlich, welches die Ueberzeugung in mir befestigte, daß die aus der Hydatidenflüssigkeit erhaltene Säure mit der Bernsteinsäure wirklich identisch sey. Dennoch war es wünschenswerth diesen Schluss aus meinen Versuchen noch durch die Elementaranalyse zu bestätigen.

Ehe ich aber zu derselben übergehe, will ich die Resultate der quantitativen Untersuchung der Hydatidenflüssigkeit, in welcher ich die Bernsteinsäure zuerst aufgefunden hatte, so weit sie sich nach den bei der qualitativen Untersuchung gefundenen Daten ausführen liefs, wiedergeben. Sie bestand aus

Wasser	986,76
Feste Bestandtheile	13,24
	<u>1000.</u>
Chlorcalcium	0,46
Chlormagnesium	0,20
Chlorkalium	0,24
Chlornatrium	3,85
Bernsteinsaures Natron	3,41
Extractive Stoffe	5,08
Albumin	<u>Spuren</u>
	13,24.

Ich muß jedoch bemerken, daß die Menge des bernsteinstaurten Natrons, da man noch keine genaue quantitative Bestimmungsmethode der Bernsteinsäure kennt, nur aus der gefundenen Menge des kohlensauren Natrons berechnet ist, daß also die angegebene Quantität desselben, abgesehen von der geringen Menge schon in der Hydatiden-Flüssigkeit präexistirenden kohlensauren Natrons, nur dann der Wahrheit nahe kommt, wenn wirklich keine andere organische Säure als Bernsteinsäure darin enthalten war.

Schon in meinem früheren Aufsatze erwähnte ich, daß

man, nachdem man weiß, daß die in der Hydatiden-Flüssigkeit enthaltene, an Natron gebundene Säure Bernsteinsäure ist, sie am vortheilhaftesten gewinnen kann, wenn man die bis zur starken Syrupsconsistenz eingedampfte Flüssigkeit mit Salzsäure versetzt und mit Aether wiederholentlich schüttelt. Beim Verdunsten der ätherischen Lösungen erhält man die Säure, die aber noch gereinigt werden muß.

Dieser Methode habe ich mich später bedient, um aus einer anderen Portion Echinococcenflüssigkeit die Bernsteinsäure darzustellen und habe sie darin auch wirklich gefunden, jedoch, da die Menge der Flüssigkeit, die mir zu Gebote stand nur gering war, nur in geringer Menge.

Endlich ist es mir mittelst derselben Methode der Darstellung gelungen, sie aus der mir neuerdings von Hrn. Prof. Dr. Langenbeck zugesendeten Hydatiden-Flüssigkeit hinreichend rein und in zur Elementaranalyse einigermassen genügender Menge zu gewinnen, und sie scheint daher nach diesen Versuchen ein constanter, nie fehlender Bestandtheil dieser Flüssigkeiten zu seyn.

Zur Reinigung der beim Verdunsten der ätherischen Lösung zurückbleibenden Säure löste ich sie zunächst in Wasser, filtrirte von dem Ungelösten ab, dampfte die Lösung ein, wusch den Rückstand mit kaltem Alkohol, worin die Bernsteinsäure bekanntlich sehr wenig löslich ist, und krystallisirte sie endlich mehrmals aus der alkoholischen Lösung um. So erhielt ich etwas mehr als 0,130 Grm. ziemlich reiner, nur an einzelnen Stellen noch etwas gelblich oder bräunlich gefärbter Bernsteinsäure, welche noch ferner umzukrystallisiren, ich nicht wagte, da ich fürchten mußte, eine nicht zur Analyse genügende Menge übrig zu behalten. Diese hat folgende Zahlen ergeben:

0,1298 Grm. lieferten 0,1967 Grm. Kohlensäure und 0,062 Grm. Wasser. Diefs entspricht 0,0536 Grm. Kohlenstoff und 0,0069 Grm. Wasserstoff, oder 41,29 Proc. Kohlenstoff und 5,32 Proc. Wasserstoff.

	Gefunden:	Berechnet:	
Kohlenstoff	41,29	40,68	4 C
Wasserstoff	5,32	5,08	3 H
Sauerstoff	53,39	54,24	4 O
	100.	100.	

Allerdings hat die Analyse  $\frac{6}{100}$  Proc. Kohlenstoff mehr ergeben, als die Formel verlangt. Da sie indessen mit einer so geringen Menge Substanz hat ausgeführt werden müssen, und dieselbe augenscheinlich noch nicht ganz rein war, so läßt sich diese geringe Abweichung von der nach der Rechnung in der Bernsteinsäure enthaltenen Menge Kohlenstoff eben dadurch leicht erklären, und ich halte daher das Vorkommen der Bernsteinsäure in der Hydatiden-Flüssigkeit durch diese Analyse für vollkommen erwiesen.

## VI. Ueber die Pseudomorphosen des Glimmers nach Feldspath, und die regelmässige Verwachsung des Feldspaths mit Albit; von Gustav Rose.

Pseudomorphosen des Glimmers nach Feldspath sind nicht neu, sie wurden schon von Haidinger<sup>1)</sup> und Blum<sup>2)</sup> beschrieben. Ersterer beobachtete sie in dem Porphyr von St. Agnes in Cornwall, Letzterer in dem von St. Just, sowie in dem Granit von Warmsteinach im Fichtelgebirge. Die veränderten Feldspathkrystalle waren in beiden Fällen eingewachsene Krystalle, die von St. Agnes und Warmsteinach waren in feinkörnigen grünlichgrauen Lepidolith-ähnlichen Glimmer verändert, die von St. Just in ein höchst feinkörniges Gemenge von weißem Glimmer und Quarz

1) Abhandl. der k. böhmischen Gesellsch. der Wissensch. von 1841.

2) Pseudomorphosen S. 275 und Nachtrag zu den Pseudomorphosen S. 26.

mit eingesprengten Zinnerz-Körnchen. Der Feldspath von Warmsteinach war aber mehr oder weniger zersetzt, er hatte im Allgemeinen nicht die gewöhnliche Frische, und war licht-fleischroth, wenig glänzend, bröcklig, und fast überall mit grünlichweißen Glimmerschüppchen gemengt, die aber an vielen Stellen so gehäuft waren, daß der frühere Feldspath an solchen ganz verschwunden und nur die Form von ihm geblieben war.

Neuerdings haben sich dergleichen Pseudomorphosen nun auch bei aufgewachsenen Krystallen in den Drusenräumen des Granits von Hirschberg in Schlesien gefunden<sup>1)</sup>. Sie wurden daselbst von Hrn. Brücke beobachtet, in großer Vollständigkeit gesammelt, und von dem Besitzer mir freundlichst zur Untersuchung mitgetheilt. Die Feldspathkrystalle sind auch hier mehr oder weniger vollständig in einen lichte grünlich-weißen, fein- und kleinschuppigen Lepidolith-ähnlichen Glimmer verwandelt. Sie sind der Form nach theils einfache, theils Zwillingsskrystalle nach Art der Bavenoer, wie sie in den Drusenräumen des Granits gewöhnlich vorkommen. Die Oberfläche ist bei allen rauh und zerfressen, und mit Glimmerblättchen mehr oder weniger dick bedeckt, und von diesen zieht sich die Glimmermasse in das Innere hinein, bei manchen nur mehrere Linien tief, bei anderen tiefer und dann gewöhnlich kleinen Rissen und Sprüngen folgend, und noch andere sind ganz und gar mit Glimmer erfüllt, der nun in der Mitte feinschuppiger als an den Rändern erscheint. Wo der Glimmer nur an den Rändern zu sehen ist, hat der angrenzende Feldspath Farbe und Glanz und etwas von seiner Härte verloren, er ist weiß und matt geworden, und läßt sich mit dem Messer ritzen, während er weiter entfernt seine ursprüngliche fleischrothe Farbe und Härte hat; wo der Glimmer das Innere erfüllt, ist auch mit der Lupe keine Spur von Feldspath zu entdecken.

1) Der eigentliche Fundort ist der Feldspathbruch am grünen Busch zwischen Hirschberg und Lomnitz.

Diese letzteren Krystalle widerlegen also auf das Bestimmteste alle andern Meinungen, die man sich sonst über die Bildung derselben machen könnte; denn wenn man beim Anblick der ersteren auch noch die Meinung haben könnte, als wären Glimmer und Feldspath gleichzeitige Bildungen, bei welchen nur der Glimmer ganz an die Aufsenseite gedrängt wäre, so kann man dieß nicht annehmen bei Krystallen, die keine Spur mehr von Feldspath enthalten. Doch auch selbst die Krystalle, bei welchen sich der Glimmer nur an der Oberfläche findet, kann man nicht für gleichzeitige Bildungen halten, da in diesem Falle die veränderte Beschaffenheit des Feldspaths in der Nähe des Glimmers nicht zu erklären wäre. Bei den Gemengen des Adulars mit feinschuppigen Chlorit vom Gotthardt, die offenbar gleichzeitige Bildungen sind, haben beide Substanzen ein ganz frisches Ansehen, und der Adular behält auch in der unmittelbaren Nähe des Chlorits seine Durchsichtigkeit und seinen Glanz.

Wenn demnach die beschriebenen Krystalle wohl unzweifelhaft für Pseudomorphosen zu halten sind, so möchte auch hier wohl die Bildung des Glimmers nicht anders als wie Bischof gezeigt hat, durch Zersetzung auf nassem Wege erfolgt seyn. Indessen ist bei den Pseudomorphosen von Hirschberg noch eine andere Erscheinung bemerkenswerth. Die Feldspathkrystalle, welche in den Drusenräumen des Granits vom Riesengebirge vorkommen, sind gewöhnlich mit kleinen, durchsichtigen, fast wasserhellen Krystallen von Albit besetzt, die mit ihnen auf die bekannte Weise verwachsen sind. Sie sitzen vorzugsweise auf gewissen Flächen, während andere davon ganz oder doch meistens befreit sind. Zu den ersteren gehören die Flächen des verticalen rhombischen Prisma *T* und *I*, zu den letzteren besonders die schiefen Endflächen. Bei den mehr oder weniger in Glimmer verwandelten Feldspathkrystallen von Lomnitz finden sich aber diese Albitkrystalle ebenfalls; sie sitzen auf der ganz rauen und zerfressenen Oberfläche in



derselben Weise wie bei den frischen Krystallen, und sind ziemlich ebenso klar und durchsichtig wie bei diesen. Es fragt sich nun, sind diese Albitkrystalle ursprüngliche Bildungen, die mit dem Feldspathe gleichzeitiger Entstehung sind, oder sind sie ebenfalls wie der Glimmer Zersetzungsproducte. Die erste Annahme möchte auf den ersten Augenblick die natürlichste erscheinen; es giebt so viele regelmäßige Verwachsungen von verschiedenen Mineralien die man für gleichzeitige Bildungen halten muß, wie von Staurolith und Cyanit, von Eisenglanz und Rutil u. s. w., und von diesen scheinen die Verwachsungen von Albit und Feldspath nicht verschieden; ferner finden sich die in Granit, Porphyr und Gneifs eingewachsenen Feldspathkrystalle auf gleiche Weise nicht sowohl von Albit als von Oligoklas bedeckt, nur dafs der letztere hier eine zusammenhängende Hülle bildet, und diefs findet sich in dem ganz frischen Gestein, so dafs man die Hülle nicht als Zersetzungsproduct ansehen kann; es könnte daher wohl wahrscheinlich seyn, dafs auch der Albit auf den aufgewachsenen Krystallen des Feldspaths eine ursprüngliche Bildung, und bei den zersetzten Krystallen derselbe nur frisch geblieben und von der Zersetzung nicht angegriffen sey. Untersucht man indessen die Sache näher, so erheben sich doch allerhand Zweifel dagegen. Die Feldspathkrystalle des Hirschberger Thales sind häufig stellenweise mit ganz unregelmässigen Flächen begränzt, die wie die Flächen von Sprüngen und Rissen aussehen, welche die Krystalle durchsetzt haben. Auch auf diesen Flächen ist der Feldspath mit den kleinen Albitkrystallen besetzt, die ungeachtet der unebenen Flächen doch in regelmässiger Stellung zu dem Feldspath sich befinden. Offenbar müssen die Krystalle erst gebildet, und dann geborsten seyn, ehe sich die Albitkrystalle absetzen konnten. Ferner sind die Feldspathkrystalle sehr häufig ganz oder stellenweise mit einem dünnen Ueberzuge von erdigem rothen Eisenoxyde bedeckt, der oft dicker wird, und in diesem Fall gewöhnlich als feinschuppiger me-

tallisch glänzender Eisenglanz erscheint <sup>1)</sup>. Bischof <sup>2)</sup> erwähnt auch dieses Ueberzuges der Schlesiſchen Feldspathkrystalle, und hält ihn für ein Product der Zersetzung des Feldspaths, deren ersten Grad er bezeichnet; indem er in nichts anderem, als in einer höheren Oxydation des in dem Feldspath enthaltenen Eisens bestehe und die Art der Verbreitung des Eisenoxydes auf der Oberfläche der Feldspathkrystalle möchte diese Art der Entstehung wohl wahrscheinlich machen <sup>3)</sup>.

Auf diesem Ueberzuge von Eisenoxyd kommen nun aber die Albitkrystalle nicht selten aufgewachsen vor. Wenn derselbe einen Feldspathkrystall ungleichmäſsig bedeckt, so sind die Albitkrystalle allerdings weit gröſſer und häufiger, wo der Ueberzug nicht ist, aber sie finden sich bestimmt auch da, wo er ist, und in derselben Lage, so daſs der Ueberzug die Anziehung des Feldspaths zu dem sich bildenden Albit nicht aufgehoben hat. Namentlich sieht man die Albitkrystalle auf dem Eisenoxyde da, wo der Feldspath mit jenen unregelmäſſigen Kluftflächen begränzt ist, und hier ist oft der bedeutende Albit noch mit dem Eisenoxyd

1) Dieser Ueberzug kommt mehr oder weniger auf allen Feldspathkrystallen des Hirschberger Thales vor, findet sich aber ganz besonders häufig bei dem Feldspath in dem unter den Namen des Krötenloches bekannten Steinbruche bei Schwarzbach, eine Stunde südlich von Hirschberg, der sonst noch durch die Gröſſe und Vollkommenheit der hier vorkommenden Feldspathkrystalle ausgezeichnet ist. Die Masse des bedeckenden und in die Risse und Spalten des Feldspaths eindringenden Eisenoxyds ist hier so groſs, daſs dieser Feldspath für die Benutzung zum Porcellan für unbrauchbar gehalten, und der Bruch daher, ungeachtet der Menge von Feldspath, die er noch immer enthält, verlassen wurde.

2) Lehrbuch der chem. und physik. Geologie Th. 2, S. 295.

3) Die Krystalle enthalten auſserdem durch die ganze Masse Eisenoxyd eingemengt. Legt man frische Bruchstücke von dem Feldspath von Schwarzbach, die von der mit Eisenoxyd bedeckten Oberfläche durchaus nichts enthalten, in Chlorwasserstoffsäure, so wird dieselbe sehr bald gelb, und in sehr kurzer Zeit, zumal wenn man das Ganze an einen warmen Ort gestellt hat, Eisenoxyd in nicht unbeträchtlicher Menge ausgezogen. Die sehr lichte röthlichbraune Farbe des Feldspaths wird dadurch in eine schneeweiſſe verwandelt.

gemenzt und dadurch roth gefärbt; legt man dergleichen Stücke in Salzsäure, so wird das Eisenoxyd unter dem Albit fortgenommen <sup>1)</sup>). Da aber das Eisenoxyd sich zwischen dem Feldspath und Albit befindet, so beweist dieser Umstand, daß beide letztere Substanzen keine Bildungen sind, die unmittelbar auf einander stattgefunden haben, und es folgt auch weiter daraus, daß, wenn das Eisenoxyd ein Zersetzungsprodukt und eine Bildung auf nassem Wege sey <sup>2)</sup>), ein Gleiches auch von dem Albite anzunehmen sey, so daß man glauben möchte, der Feldspath sey ursprünglich ein inniges Gemenge von reinem Feldspath mit Albit gewesen, letzterer aber allmählig von den Gewässern ausgezogen, und auf der Oberfläche wieder abgesetzt. Daß dies noch nicht vollständig geschehen sey, beweist die Analyse des Feldspaths von Schwarzbach von Awdeëff, wonach derselbe noch eine größere Menge Natron enthielt, als der glasse Feldspath nämlich 5,06 Proc. <sup>3)</sup>), und daß durch solche Ausziehung von Albit keine bedeutende Veränderung in der Spaltbarkeit einzutreten braucht, beweisen die grünen Diopside von Sahla, die wie aus den Untersuchungen meines Bruders hervorgeht <sup>4)</sup>), Kalkerde verloren und Talkerde und Wasser aufgenommen haben, sich mit dem Messer mit Leichtigkeit ritzen lassen, aber doch nicht ihre Spaltbarkeit gänzlich eingebüßt haben. Uebrigens enthält auch der Feldspath zuweilen kleine Albitkrystalle in sichtbarer Gröfse und nicht unbeträchtlicher Menge eingemengt, wie z. B. zuweilen der

- 1) Bei einem solchen Versuche blieb unter den größeren Albitkrystallen in der Mitte noch etwas Eisenoxyd zurück, aber auch dies würde gewiß ausgezogen seyn, hätten die Stücke längere Zeit in Chlorwasserstoffsäure gelegen.
- 2) Daß Eisenglanz eine Bildung auf nassem Wege seyn kann, beweisen auf das Bestimmteste die in Eisenglanz veränderten Muscheln von Semur im Dep. Côte d'or. Vergl. Blum's Pseudomorphosen, Nachtrag S. 202.
- 3) Vergl. Poggendorff's Annalen Bd. 52, S. 468. Daß in dem analysirten Feldspath kein Albit sichtbar eingemengt war, kann ich bezeugen, da ich Hrn. Awdeëff das Mineral zur Analyse selbst mitgetheilt hatte.
- 4) Vergl. Schweigger's Journ. Bd. 35, S. 100 und auch Bischof chem. und physik. Geologie Bd. 2, S. 516.

grüne, Amazonenstein genannte, Feldspath vom Ilmengebirge im Ural <sup>1)</sup>).

**VII. Untersuchung der specifischen Eigenschaften der beiden Säuren, aus denen die Traubensäure besteht; von Hrn. L. Pasteur.**

(Ann. de chim. et de phys. T. XXVIII. p. 56 frei und abgekürzt.)

Die gegenwärtige Arbeit bezweckt zu zeigen, was eine frühere nur unvollständig that <sup>2)</sup>, daß die Traubensäure eine Verbindung ist von zwei Säuren, welche die Polarisationsebene des Lichtes gleich stark drehen, aber die eine rechts und die andere links, welche in ihrer, sonst gleichen Krystallform einen ähnlichen Unterschied darbieten, und diese Eigenschaften auch auf ihre Salze übertragen. Von diesen Säuren, die durch die Namen *Rechts- und Linkstraubensäure* (*Acide dextroracémique et acide lévroracémique*) unterschieden wurden, ist die Rechtstraubensäure identisch mit der Weinsäure.

Das Material zu dieser Untersuchung lieferte Hr. Kestner zu Thann (Elsafs), der Entdecker der Traubensäure, was um so dankenswerther ist, als diese Säure seitdem nicht wieder vorgekommen ist. Vergebens hat Hr. Kestner manigfaltige Versuche zu deren Darstellung unternommen und ohne Zweifel verdankt sie ihre Entstehung nur einem besondern Umstand in der Fabrikation oder einer Krankheit des Weinsteins in den Trauben.

**Traubensaures Natron-Ammoniak.**

Es war dieses Doppelsalz, durch welches zuerst die Trennung der beiden Säuren gelang.

1) Vergl. G. Rose Reise nach dem Ural etc. Bd. 2, S. 79.

2) Ann. de chim. et de phys. T. XXIV. p. 442.

Sättigt man gleiche Theile Traubensäure durch Natron und durch Ammoniak und mischt die beiden Flüssigkeiten mit einander, so setzt sich beim Erkalten, oder freiwilligen Abdampfen ein Doppelsalz in schönen Krystallen ab, die nach drei oder vier Tagen eine Länge und Dicke von mehreren Centimetern erreichen. Untersucht man diese Krystalle einzeln, so erkennt man, daß sie zweierlei Art sind; die einen sind rechts, die andern links hemiëdrisch, und die Gewichtsmengen beider sind zu jeder Zeit der Krystallisation gleich. Die Lösung der rechts-hemiëdrischen Krystalle dreht die Polarisationssebene des Lichts nach der Rechten, die der links-hemiëdrischen nach der Linken, und zwar um dieselbe Gröfse; bis auf die Anordnung der hemiëdrischen Flächen sind beide Arten von Krystallen vollkommen identisch.

Diese beiden Salze lassen sich nur dadurch trennen, daß man ihre Krystalle nach deren hemiëdrischen Charakter aussucht, was natürlich bei den verwachsenen nur sehr unvollständig geschehen kann. Soviel wie möglich muß man nur isolirte gut ausgebildete Krystalle auslesen. Fügt man zu einer kalt gesättigten Lösung, z. B. zur Mutterlauge einer Krystallisation, eine gewisse Menge gemischter Krystalle und löst sie durch Erwärmen der Flüssigkeit, so erhält man nach drei oder vier Tagen sehr schöne, isolirte und leicht auszulesende Krystalle. Die hinzugefügte Salzmenge muß eine solche seyn, daß sich in den ersten 24 Stunden nur einige Krystalle aussondern. Die Lösung dieses Salzes verliert Ammoniak beim Verdampfen und dadurch erfolgt eine Ablagerung von saurem Salz in sehr kleinen Krystallen. Um die Bildung dieses sauren Salzes zu verhüten, fügt man der Lösung, wenn man sie zum Krystallisiren hinsetzt, einige Tropfen Ammoniak hinzu.

Will man sich durch eine chemische Reaction überzeugen, daß die sonach getrennten Krystalle von zweierlei Art sind, deren keine, einzeln genommen, Traubensäure enthält, so braucht man sie nur aufzulösen und mit der Lösung eines Kalksalzes zu behandeln. Sind die Lösungen

etwas

etwas verdünnt, so sieht man keinen Niederschlag entstehen, vielmehr setzen sich nach einiger Zeit isolirte glänzende Krystalle ab, bestehend aus geraden Prismen mit rhombischer Basis, die an den Enden in ein Octaëder übergehen. Endlich schlägt sich das Kalksalz mit allen Kennzeichen des weinsauren Kalkes nieder. Die Lösungen beider Arten von Krystallen verhalten sich ganz gleich für das Auge. Löst man aber beide Krystallarten, die rechts- und die links-hemiëdrischen, gemeinschaftlich auf, so bildet das Kalksalz, selbst in einer sehr verdünnten Lösung, sogleich oder nach einigen Sekunden einen Niederschlag in Gestalt eines amorphen Pulvers oder kleiner dünner Lamellen, die, je nach der mehr oder weniger grofsen Langsamkeit der Fällung, isolirt oder sternförmig gruppirt sind, und alle Kennzeichen des traubensauren Kalks besitzen.

**Krystallform des rechts- und des links-traubensauren Natron-Ammoniaks.**

Die Krystallform des rechts-traubensauren Natron-Ammoniaks ist in Fig. 6, Taf. II. abgebildet, die des links-traubensauren in Fig. 7. Es ist ein gerades Prisma mit rechteckiger Basis  $P$ ,  $M$ ,  $T$ , abgestumpft an den Seitenkanten durch die Flächen  $b'$ . Die Kante der Flächen  $b'$  mit  $T$  ist abgestumpft durch eine Fläche  $h$ . Wäre keine Hemiëdrie vorhanden, würde jedes Ende vier Flächen  $h$  haben, die durch ihre Verlängerung ein gerades Octaëder mit rhombischer Basis gäben. Allein es sind an jedem Ende nur zwei Flächen  $h$  vorhanden und diese beiden Paare stehen so über Kreuz, dafs sie durch ihre Verlängerung ein regelmäfsiges Tetraëder bilden. Hält man die Fläche  $P$  vor sich, mit der Fläche  $T$  horizontal, so hat man rechts oben am Krystall eine Fläche  $h$ . Der ganze Unterschied zwischen dem rechts- und dem links-traubensauren Salz besteht darin, dafs, bei dem letzteren, bei gleicher Stellung des Krystalls, die Fläche  $h$  zur Linken des Beobachters liegt. Uebrigens sind die Winkel ganz dieselben an beiden Salzen.

In Wirklichkeit ist die Krystallform dieser Salze com-

plicirter als es die Figuren 6 und 7 darstellen. So unter andern kommen noch auf der Kante zwischen *P* und *T* zwei Flächen vor, die bemerkenswerth sind, weil sie die Fläche *P* ohne Winkelmessung erkennen lassen und dadurch das Auslesen der rechts- und der links-hemiédrischen Krystalle sehr erleichtern.

Zuweilen geschieht es, daß die Flächen *h* an einem und demselben Krystall sowohl zur rechten als zur linken Seite vorkommen; aber dieser Fall, der z. B. beim Brechweinstein häufig ist, in dem das unregelmäßige Tetraëder desselben sich zu einem Octaëder vervollständigt, stellt sich glücklicherweise bei dem in Rede stehenden Salze nur sehr selten ein, und ist oft nur scheinbar.

Eine Frage, die sich natürlich darbietet, ist die: ob nicht die Traubensäure ein Gemenge gleicher Theile beider (rechts- und links-modificirten) Säuren sey, und daraus die beiden untersuchten Doppelsalze entstehen. Allein die oben erwähnte Reaction gegen Kalksalze spricht dagegen. Denn die Lösung eines Krystalls von Traubensäure, wie klein er auch sey, giebt mit einem Kalksalz traubensauren Kalk. Ueberdies wird man weiterhin sehen, daß die Rechts- und die Links-Traubensäure nicht zusammen existiren können, ohne nicht durch ihre Verbindung sogleich Traubensäure zu geben, leicht erkennbar an der Gestalt und Löslichkeit.

Es ist also nur die Krystallisation, bei welcher das Doppelsalz von Natron und Ammoniak, aus einer noch unbekannten Ursache, ein Zerfallen der Traubensäure bewirkt und die beiden Salze entstehen läßt.

Diese Eigenschaft besitzt außer dem genannten Doppelsalz nur noch das traubensaure Kali-Natron, welches leicht zu erhalten ist, zuwider den Angaben einiger Chemiker, die da behaupten, ein Gemeng von neutralem traubensaurem Kali und neutralem traubensaurem Natron gebe nur neutrales traubensaures Kali und nicht das Doppelsalz.

Die übrigen traubensauren Salze enthalten Traubensäure als solche. Dergleichen Krystalle sind die neutralen Salze von Kali, von Natron, von Ammoniak und das Kalksalz.



Nimmt man nämlich einen einzelnen Krystall von diesen Salzen und fällt seine Lösung durch ein lösliches Kalksalz, so fällt traubensaurer Kalk nieder. Ueberdies sind die Krystalle dieser Salze, namentlich die sehr regelmässigen des traubensauren Kalis und des traubensauren Natrons, nicht hemiëdrisch.

#### Darstellung der Rechts- und der Linkstraubensäure.

Um diese Säuren zu erhalten muß man sich zuvörderst eine ziemlich große Menge der Krystalle verschaffen, die sich beim Versuche zur Darstellung des traubensauren Natron-Ammoniaks ablagern. Man nimmt gleiche Gewichttheile Traubensäure, sättigt den einen durch reines kohlensaures Natron, den andern durch Ammoniak, und vermischt beide Flüssigkeiten. Man dampft sie ein, läßt krystallisiren und befolgt die früher gegebenen Vorschriften. Eine bei  $11^{\circ}$  C. gesättigte Lösung dieses Doppelsalzes zeigt  $23^{\circ}$  am Baumé'schen Aräometer an, dagegen  $28^{\circ}$ , wenn sie bei der Temperatur  $21^{\circ}$  C. gesättigt ist.

#### Rechtstraubensäure.

Dieselbe erhält man, wenn das rechtstraubensaure Natron-Ammoniak mit salpetersaurem Bleioxyd oder einem Barytsalz behandelt wird. Das Bleisalz eignet sich dazu am besten, weil das rechtstraubensaure Bleioxyd fast unlöslich ist, und obwohl anfangs gelatinös niederfallend, bald, besonders in der Wärme, einen krystallinischen Niederschlag bildet, der sich leicht abfiltriren oder decantiren läßt. Es ist jedoch möglich, daß es etwas salpetersaures Blei enthalte, welches nicht durch Waschen zu entfernen ist.

Die Krystalle des rechtstraubensauren Bleioxyds erweisen sich unter der Lupe oder dem Mikroskope als gerade rhombische Prismen mit octaëdrischer Abstumpfung der Enden.

Das Salz ist wasserfrei und hat die Zusammensetzung  $C_4H_2O_8.PbO$ , denn 1,603 desselben, in einer Porcellankapsel geglüht, hinterließen 0,972, worin durch Behandlung

mit Essigsäure 0,479 metallisches Blei nachgewiesen wurden, wonach es 62,9 Proc. Bleioxyd enthält.

Dafs es fast ganz unlöslich ist, geht aus folgendem Versuch hervor. 100 Grm. rechtstraubensaures Natron-Ammoniak wurden mit 130 Grm. salpetersaurem Bleioxyd gefällt, und dadurch 135 Grm. trocknes rechtstraubensaures Bleioxyd erhalten. Diefs entspricht 50 Grm. trockner Säure; nach der obigen Zusammensetzung hätten es 50,5 Grm. seyn müssen.

Das rechtstraubensaure Blei wird darauf bei gelinder Temperatur mit Schwefelsäure behandelt, am besten mit einem kleinen Ueberschuß derselben, wenn man die Säure krystallisirt haben will; sonst ist dieser nicht nöthig. Auch kann man (wie zur Darstellung der Linkstraubensäure) das Bleisalz durch Schwefelwasserstoff zersetzen; doch hat diefs keinen Vortheil.

Aus concentrirten Flüssigkeiten, besonders bei Gegenwart einer kleinen Menge Schwefelsäure, schiefst die Rechtstraubensäure an, bei langsamer Verdampfung in klaren, voluminösen Krystallen von grofser Schönheit.

Die Rechtstraubensäure ist, wie sogleich bewiesen werden soll, in allen ihren physischen und chemischen Eigenschaften identisch mit der Säure im gewöhnlichen Weinstein und nur um an ihren Ursprung zu erinnern, wird sie hier noch durch den Namen von derselben unterschieden.

*Identität der Rechtstraubensäure mit der Weinsäure.* — Die Krystallform der Rechtstraubensäure ist Fig. 8. Taf. II. abgebildet; sie ist, wie die der Weinsäure, ein schiefes Prisma mit rectangulärer Basis. Parallel der Fläche *M* ist die Spaltbarkeit sehr glänzend. Die Winkel, die mit den von Hrn. de la Provostaye bei der Weinsäure gefundenen sehr gut übereinstimmen, sind:

$$\begin{array}{ll} P : b = 145^{\circ} 32' & P : c = 134^{\circ} 30' \\ P : M = 100^{\circ} 32' & M : d = 128^{\circ} 32' \\ M : b = 135^{\circ} 00' & d : d = 102^{\circ} 54' \\ M : k = 122^{\circ} 30' & \end{array}$$

In der Regel ist der Krystall hemiëdrisch, denn die Flächen *c* finden sich entweder nur an seiner Rechten, wie es eben die Figur zeigt, oder, wenn sie auch an der Linken vorkommen, so sind sie doch meistens daselbst viel weniger ausgebildet. Nur in einigen sehr seltenen Fällen haben die Flächen *c* zur Rechten und Linken eine gleiche Ausdehnung, ein neuer Beweis, dass die Ursache, welche die Hemiëdrie erzeugt, nicht immer eine Unsymmetrie der Gestalt herbeiführt.

**Pyro-Elektricität der Weinsäure und der Rechtstraubensäure.** — Beide Säuren sind pyro-elektrisch. Die größten Prüfmittel auf Elektricität reichen hin zu zeigen, dass ein Krystall von der einen oder andern Säure sich beim Erwärmen oder Erkalten mit beiden Elektricitäten ladet. Ist das Elektroskop sehr empfindlich, so kann man sehen, dass schon die Handwärme Pole hervorruft. Beim Erkalten ladet sich die rechte Seite des Krystalls Fig. 8. Taf. II. mit positiver Elektricität, die linke mit negativer. Beim Erwärmen verhält es sich umgekehrt.

**Specifisches Gewicht.** — Durch Wägungen in Terpenthinöl, worin die Rechtstraubensäure ganz unlöslich ist, wurde ihr specifisches Gewicht = 1,750. Das der Weinsäure wird in den Lehrbüchern der Chemie zu 1,75 angegeben.

**Chemische Zusammensetzung.** — 0,5 Grm. krystallisirter Rechtstraubensäure gaben 0,583 Kohlensäure und 0,181 Wasser, woraus sich ergibt die Formel  $C_4H_2O_5.HO$  und die Zusammensetzung

Rechtstraubensäure.	Während die der Weinsäure:
Kohle 31,9	32,0
Wasserstoff 4,0	4,0
Sauerstoff 64,1	64,0
100,0.	100,0.

**Drehungsvermögen der beiden Säuren.** — Folgende Versuche werden zeigen, dass das Vermögen zur Drehung der Polarisationsebene des Lichts bei der Rechtstraubensäure

eben so stark ist wie bei der Weinsäure, bei welcher es von Hrn. Biot so speciell untersucht wurde<sup>1)</sup>).

31,428 Grm. Rechtstraubensäure wurden in 68,571 Grm. Wasser gelöst. Die scheinbare Dichtigkeit der Lösung war 1,1560, die Temperatur 21° C., die Länge der Beobachtungsröhre 500 Millimeter. Die Concentration der Lösung war ganz wie bei Hrn. Biot, nur betrug bei diesem die Temperatur 25°,5 C. und die Röhrenlänge 519,5 Mllm.

Die Farben der ordentlichen und der außerordentlichen Bilder für verschiedene Azimute giebt Hr. Biot folgendermassen an:

A.	O.	E.
00,00	Beinahe weiss	Blaugrün oder blafs grünblau
20,00	do.	Sehr sichtbar blau
21,00	do.	Verschwindend blau, kein Roth-violett.
23,00	do.	Violettroth
27,00	Milchweiss	Orangeroth oder rothorange
40,33	Beinahe weiss	Orangegelb
48,50	Blafs blaugrün	Röthlichweiss
90,00	Blaugrün oder grünblau	Beinahe weiss

Dieselben Farben wurden bei denselben Azimuten an der Lösung der Rechtstraubensäure beobachtet. Nur fand sich das Uebergangszimut statt bei 21°, genau bei 20°, offenbar weil die Röhre im Verhältnifs 50 zu 52 kürzer war und die Temperatur statt 25°,5, nur 21° betrug, denn bekanntlich wächst das Drehungsvermögen der Weinsäure mit der Temperatur. Rothcs Glas, welches bei Hrn. Biot eine Drehung von 18°,8 veranlafste, bewirkte nur eine von 17°,5.

Hr. Biot hat aus zahlreichen Versuchen eine Formel abgeleitet, mittelst deren man das Drehungsvermögen einer Lösung von Weinsäure ableiten kann, wenn man nur ihren Gehalt an dieser Säure kennt. Diese Formel ist

$$[\alpha]_r = A + Bc.$$

$[\alpha]_r$  ist das moleculare Drehungsvermögen für den rothen Strahl;  $A$  eine für alle Lösungen constante, nur mit der Temperatur veränderliche Gröfse;  $B$  eine Constante

1) *Mém. de l'Inst.* 1837. (Ann. XXXVIII. 179.)

$= 14^{\circ},31$  und  $c$  der Wassergehalt der Lösung in Gewichtstheilen.

Für  $21^{\circ}$  C. Temperatur, ist  $A = -0,17132$ , mithin hat man für die Lösung der Rechtstraubensäure:

$$[\alpha]_r = -0,17132 + 14^{\circ},31 \cdot 0,68571 = 9^{\circ},64.$$

Berechnet man andererseits das Drehvermögen mittelst der Formel

$$[\alpha]_r \frac{a}{l \cdot d} \text{ worin } \begin{cases} \alpha = 17^{\circ},5 & l = 500 \\ \epsilon = 0,31428 & \delta = 1,153, \end{cases}$$

so findet man

$$[\alpha]_r = 9^{\circ},681$$

eine vollkommene Uebereinstimmung für dergleichen Versuche.

Vergleicht man die Farben, welche eine die Polarisationsebene drehende Substanz, wie Quarz, Zucker u. s. w. in ihrem ordentlichen und außerordentlichen Bilde darbietet, mit denen der vorstehenden Tafel, so sieht man deutlich einen Unterschied für gleiche Ablenkung. Ueberdies steht bei allen Substanzen, die dem allgemeinen Drehungsgesetze einfacher Strahlen folgen, das mittlere Azimut des rothen Glases zu dem Uebergangszimut, bei gleicher Dicke, in dem constanten Verhältniss  $\frac{26}{30}$ . Um aber von der Ablenkung 20, die oben bei der Uebergangsfarbe beobachtet ward, zu der Ablenkung  $17^{\circ},5$  des rothen Strahles überzugehen, muß man sie multipliciren mit  $\frac{26,25}{30}$  oder nach Hrn. Biot's vorhin angeführten Versuch, mit  $\frac{26,89}{30}$ . Diefs beweist, daß die rechtstraubensauren Lösungen die Polarisationsebenen der einfachen Strahlen nicht so zerstreuen wie der Quarz.

Alles dieses hebt jeden Zweifel an der Einerleiheit der Weinsäure und Rechtstraubensäure, die weiterhin durch die Untersuchung ihrer Salze noch bestätigt werden wird.

#### Linkstraubensäure.

Die Darstellung derselben geschieht genau wie die der Rechtstraubensäure. Linkstraubensaures Natron-Ammoniak

wird mit salpetersaurem Bleioxyd behandelt und der Niederschlag durch verdünnte Schwefelsäure zersetzt.

Diese Säure krystallisirt, besonders wenn sie mit etwas Schwefelsäure vermischt ist, bei langsamer Verdampfung leicht, in sehr schönen klaren und grofsen Krystallen. Nichts ist sonderbarer und zugleich auferordentlicher beim gegenwärtigen Zustand der Wissenschaft als der Vergleich der Weinsäure oder Rechtsstraubensäure mit der Linkstraubensäure, die man auch *Linkstweinsäure* nennen könnte. Zwischen beiden Säuren ist kein anderer Unterschied angébar als der in der Hemiedrie und der im Sinne der Ablenkung der Polarisationssebene des Lichts. Winkel der Flächen, physikalisches Ansehen, Löslichkeit, specifisches Gewicht, chemische Eigenschaften, Zusammensetzung, alles ist gleich bei beiden Säuren, aber die Krystallform der einen ist das Gegenstück der anderen. Ein Weinsäure-Krystall, vor einem Spiegel gehalten, giebt ein Bild genau von der Form der Linkstraubensäure. Andererseits lenkt die Linkstraubensäure die Polarisationssebene des Lichts nach der Linken ab, während die Weinsäure sie nach der Rechten dreht und zwar um dieselbe absolute Gröfse <sup>1)</sup>).

**Krystallform.** — Die Krystallform der Linkstraubensäure ist in Fig. 9, Taf. II. abgebildet; verglichen mit der Rechtsstraubensäure in Fig 8 ersieht man, dafs beide Formen in allen Stücken identisch, jedoch nicht überdeckbare Polyëder sind. Sie decken einander nicht, weil die Fläche *b* nicht identisch mit der Fläche *k* ist, kurz weil das Prisma ein schiefes ist. Die Winkel sind übrigens dieselben wie bei der Rechtsstraubensäure.

Auch hier wie bei der Rechtsstraubensäure verschwinden die Flächen *c* zuweilen vollständig an der rechten Seite, wie es die Figur angiebt; häufig sind sie sowohl rechts als links vorhanden, aber, mit Ausnahme einiger sehr seltenen Fälle, sind sie an der linken Seite immer entwickel-

1) Weshalb denn auch durch die Traubensäure und deren Salze keine Drehung der Polarisationssebene bewirkt wird. P.

ter als an der rechten. — Eine leichte und sehr glänzende Spaltbarkeit findet parallel der Fläche *M* statt.

*Pyro-Elektricität.* — Die Linkstraubensäure ist stark pyro-elektrisch, ebenso stark als die Rechtstraubensäure. Nur ist es, wenn der Krystall erkaltet, die linke Seite Fig. 9, welche sich positiv ladet, während die rechte Seite negative Elektricität annimmt. Bei der Rechtstraubensäure oder Weinsäure verhält es sich umgekehrt.

*Specifisches Gewicht.* — Bestimmt in Terpenthinöl, worin die Säure ganz unlöslich ist, fand es sich = 1,7496, identisch mit dem der Weinsäure.

*Chemische Zusammensetzung.* — 0,5 Grm. krystallisirter Linkssäure gab 0,583 Kohlensäure und 0,182 Wasser; demnach ist ihre Formel  $C_4H_2O_5.HO$  und ihre Zusammensetzung:

Linkstraubensäure:	Weinsäure:
Kohlenstoff 31,9	32,00
Wasserstoff 4,02	4,00
Sauerstoff 64,08	64,00
100,00.	100,00.

*Löslichkeit.* — Man füllte eine Röhre mit Krystallen von Linkstraubensäure, eine andere mit Krystallen von Rechtstraubensäure, goß Wasser auf beide und liefs sie über Nacht stehen. Am anderen Morgen wog man von der rechtstraubensauren Lösung 1,226 Grm. und von der linkstraubensauren, 0,996 Grm. ab, und dampfte beide auf einem Ofen bei 100° ein, bis der Rückstand sein Gewicht nicht mehr änderte. Die rechtstraubensaure Lösung hatte verloren 0,699, die linkstraubensaure 0,567, wonach also die erste 57,01 Proc. und die letztere 56,92 enthielt. Dieser Versuch, bei welchem die Temperatur 19 oder 20° C. betrug, beweist, dafs die Löslichkeit beider Säuren gleich ist.

*Drehungsvermögen.* — Das Vermögen zur Drehung der Polarisationssebene des Lichts ist, seiner Gröfse nach, bei der Linkstraubensäure genau gleich dem bei der Rechtstraubensäure. Auch die zuerst von Hrn. Biot bei der Wein-



säure nachgewiesene und bisher noch bei keiner anderen Substanz wahrgenommene ganz specielle Dispersion der Polarisationsebenen findet sich unverändert bei der Linkstraubensäure wieder. Ebenso ist der Einfluß der Temperatur und der der Concentration der Lösung genau derselbe. Aber während die Drehung bei der Weinsäure nach der Rechten geht, erfolgt sie bei der Linkstraubensäure nach der Linken. Die folgenden Versuche lassen darüber keinen Zweifel und noch strenger spricht dafür die Neutralität der Traubensäure.

Eine Lösung von Linkstraubensäure, deren scheinbares spec. Gew. 1,21699 und deren wahres also 1,2147 war, wurde bei 20° C. in einer 50 Centim. langen Röhre beobachtet. Nach dem Mittel mehrer Beobachtungen betrug die Abhandlung für den rothen Strahl 18°,90 L<sup>1</sup>), für die Uebergangsfarbe war sie 21°,28 L. Berechnet man nach der von Hrn. Biot für die Weinsäure-Lösungen den Säuregehalt der Lösung aus dem scheinbaren specifischen Gewicht, so findet man, daß sie 0,42 Proc. Säure enthielt. Die Formel

$$[\alpha]_r = A + Be$$

gibt dann

$$[\alpha]_r = -0,27840 + 14,31 \cdot 0,58 = 8°,02.$$

Nach der allgemeinen Formel

$$[\alpha]_r = \frac{\alpha}{l \cdot d} \text{ hat man } [\alpha]_r = 7°,41^2).$$

- 1) Wir bezeichnen hier und in der Folge mit den Buchstaben *L* und *R* die Ablenkung der Polarisationsebenen nach der *Linken* oder *Rechten*. Das Original gebraucht dazu Pfeile. P.
- 2) Da die Abweichung des aus dem Versuch abgeleiteten Drehungsvermögens, 7°,41, von dem nach der Formel  $[\alpha]_r = A + Be$  berechneten, 8°,02, größer war als bei allen übrigen Versuchen, so entstanden Zweifel an der Richtigkeit der Beobachtung. Der Fehler entspricht 2 bis 3 Graden in der direct gemessenen Ablenkung, was die Grenzen der möglichen Fehler bedeutend übertrifft. Sehr wahrscheinlich war der Nullpunkt vor der Beobachtung nicht verificirt und derselbe durch eine Veränderung in der Atmosphäre oder durch eine andere zufällige Ursache verschoben worden.

Wie schon erwähnt, ist bei allen Substanzen, welche die Polarisationsebenen nach der Art des Quarzes dispergiren, das Verhältniß der Ablenkung des rothen Strahls zu der der Uebergangsfarbe gleich  $\frac{2}{3}$ . Dies Verhältniß nähert sich bei der Weinsäure weitmehr der Einheit, obgleich es für jede Lösung dieser Säure ein anderes ist. Sucht man durch welches Dreifsigstel man 21,28 multipliciren müsse, um 18,90 zu erhalten, so findet man  $\frac{25}{30}$ .

Entscheidender ist folgender Versuch, weil er mit einem unter wenig anderen Umständen von Hrn. Biot angestellten verglichen werden kann.

35,7 Grm. Linkstraubensäure wurden in 64,3 Grm. Wasser gelöst und die Lösung, bei 17°, in einer 50 Centm. langen Röhre beobachtet. Ihr scheinbares spec. Gewicht war 1,1806, ihr wahres 1,182.

Diese Lösung kommt der von Hrn. Biot beobachteten (s. *Mém.* von 1836 p. 142) sehr nahe, denn dieselbe enthielt 34,27 Säure und 65,73 Wasser, hatte ein scheinbares spec. Gew. = 1,1725 und ein wahres 1,16919, und wurde bei 26° C. in einer 518 Milm. langen Röhre beobachtet. Für die Farben ihrer Bilder fand Hr. B.:

Der Verfasser übergab dieselbe Lösung Hrn. Biot. Dieser beobachtete sie gemeinschaftlich mit einer Weinsäure-Lösung von gleichem specifischen Gewicht bei 20°, 5 C. in einer Röhre von 520 Millim. Für die traubensaure Lösung fand er

$$\alpha r = -21^{\circ},925; \alpha j = -24^{\circ},8 \text{ also } \alpha r : \alpha j = 26,52:30$$

und berechnet nach der von Hrn. Biot aus seinen Versuchen mit der Weinsäure hergeleiteten Formel  $[\alpha]_r = A + Bc$

$$[\alpha]_r = 8^{\circ},078.$$

Mittels der allgemeinen Formel

$$[\alpha]_r = \frac{\alpha r}{l \cdot d} \text{ findet man } [\alpha]_r = 8^{\circ},246.$$

Die Weinsäure-Lösung von gleichem specifischen Gewicht gab:

$$\alpha r = +22^{\circ},15; \alpha j = +24^{\circ},5 \text{ also } \alpha r : \alpha j = 27,12:30$$

und  $[\alpha]_r = 8^{\circ},33$  berechnet nach der Formel:

$$[\alpha]_r = \frac{\alpha r}{l \cdot d}.$$

A.	O.	E.
0,00	Beinahe weiß	Blafs blaugrün
19,00	do.	Gutes blaugrün
21,16	do.	Blaugrün, noch merklich, aber sehr schwach
22,50	do.	Null oder fast Null
23,00	do.	Purpur violettroth
28,00	do.	Orangeroth
32,50	do.	Rothgelb
59,00	Vveiß, kaum grünlich	VVeiß, kaum röthlich
90,00	Grünweiß oder blafs blaugrün	Fast weiß

Die Lösung der Linkstraubensäure gab Hrn. Pasteur Farben, die sich von denen der obigen Tafel in gleichen Azimuten nicht unterscheiden ließen. Nur war die Ablenkung der Uebergangsfarbe  $20^{\circ},5$  L statt  $22^{\circ},5$  R, und die des rothen Strahls  $17^{\circ},8$  L statt der von Hrn. Biot gefundenen  $20^{\circ},1$  R.

Berechnet man  $[\alpha]_r$  mittelst der Formel für die Weinsäure-Lösungen  $[\alpha]_r = A + Be$  für die Temperatur  $17^{\circ}$ , so findet man:

$$[\alpha]_r = -0,62116 + 14,31 \cdot 0,64 = 8^{\circ},53$$

für das Drehungsvermögen unserer linkstraubensauren Lösung.

Berechnet man dasselbe andererseits nach der allgemeinen Formel

$$[\alpha]_r = \frac{\alpha}{l \cdot \delta}$$

und den Daten des obigen Versuchs:

$$\alpha = 17^{\circ},8; l = 50; \varepsilon = 35,7; \delta = 1,182,$$

so findet man

$$[\alpha]_r = 8^{\circ},43.$$

Die Uebereinstimmung kann nicht genügender seyn.

Hier noch eine andere Bestätigung. Das Drehungsvermögen der Biot'schen Lösung bei  $26^{\circ},6$  C. ist  $9^{\circ},55$ . Berechnet man nach der Formel  $[\alpha]_r = A + Be$ , was das Drehungsvermögen der linkstraubensauren Lösung bei  $26^{\circ}$  seyn würde, so findet man

$$[\alpha]_r = 9^{\circ},47.$$

Sucht man endlich, in Dreißigsteln ausgedrückt, das Verhältniß der Ablenkung der rothen Farbe zu der der Uebergangsfarbe, so findet man es bei der Linkstraubensäure  $= \frac{29}{30}^5$ , während Hr. Biot es bei der Weinsäure  $= \frac{29}{30}^6$  gefunden hat.

Alle diese Bestätigungen beweisen übereinstimmend, daß zwischen dem Drehungsvermögen der Weinsäure und dem der Linkstraubensäure kein anderer Unterschied als der seiner Richtung vorhanden ist.

○ Merkwürdig in mehrfacher Beziehung ist das Verhalten der salzsauren Lösung des Kalksalzes beider Säuren. *Linkstraubensaurer Kalk*, in Chlorwasserstoffsäure gelöst, giebt eine Flüssigkeit, die ein sehr merklich *rechts*gehendes Drehungsvermögen besitzt. Die Lösung der Weinsäure oder *Rechtstraubensäure* in derselben Säure lenkt dagegen *links* ab. Nachstehendes ist das Detail eines mit linkstraubensaurem Kalk angestellten Versuchs.

20 Grm. des krystallisirten Salzes wurden in 63 Cub. Centm. einer Chlorwasserstoffsäure gelöst, von denen 100 C. C., bei  $21^{\circ}$ , 11,25 Grm. trocknes ClH enthielten. Das spec. Gew. dieser Säure von 1,08157 bei  $21^{\circ},5$ . In einer 39,8 Centm. langen Röhre betrug die Drehung für die Uebergangsfarbe  $6^{\circ},7$  R. Das spec. Gew. der Lösung betrug 1,18595.

Mit vieler Sorgfalt überzeugte sich Hr. P., daß die Lösung des linkstraubensauren Kalks in Chlorwasserstoffsäure keine Spur von Weinsäure, noch von Traubensäure enthielt. Es ist also eine ganz eigenthümliche Wirkung der Chlorwasserstoffsäure auf den linkstraubensauren Kalk, wodurch, ohne Bildung von Rechtstraubensäure, die Drehung in die rechtsgehende umgewandelt wird.

**Traubensäure.**  
Aus vorstehenden Thatsachen erhellt, daß die Traubensäure aus zwei besonderen Säuren, der Weinsäure oder Rechtstraubensäure und der Linkstraubensäure besteht. Um den Beweis davon zu vollenden, braucht man nur concen-

trische Lösungen beider Säuren mit einander zu mischen; augenblicklich gesteht das Ganze, unter fühlbarer Wärme-Entwicklung, zu einer krystallinischen Masse, die alle physischen und chemischen Eigenschaften der Traubensäure besitzt. Durch Wiederauflösen und Umkrystallisiren erhält man die Traubensäure in schönen Krystallen, die in ihrer Krystallform und Zusammensetzung ganz identisch sind mit der Säure von Thann.

0,5 Grm. dieser Säure gaben 0,519 Kohlensäure und 0,215 Wasser, entsprechend der Formel  $C_4H_2O_3 \cdot HO$  oder

Die Säure von Thann enthält:

Kohlenstoff	28,32	28,57
Wasserstoff	4,96	4,76.

Obwohl sich nun also die Traubensäure aus ihren Bestandtheilen zusammensetzen läßt, so ist es doch bisher weder Hrn. Kestner noch Hrn. Pasteur geglückt, die Weinsäure in dieselbe umzuwandeln. Letzterer, geleitet durch Biot's Beobachtung, daß das Drehungsvermögen der Weinsäure-Lösung sowohl bei Temperatur-Erniedrigung als bei Zusatz von Schwefelsäure abnimmt, setzte eine solche Lösung, theils für sich, theils vermischt mit Schwefelsäure, der Kälte aus, allein im ersteren Fall gefror sie, und im letzteren, obwohl die Temperatur  $-19^\circ C.$  betrug, zeigte die Flüssigkeit noch Drehungsvermögen, hatte sie sich also nicht in Traubensäure umgewandelt.

Uebrigens ist zu bemerken, daß so wie das (Rechts)-Drehungsvermögen der Weinsäure mit sinkender Temperatur abnimmt, das nach der Linken drehende Vermögen der Linkstraubensäure sich unter gleichen Umständen ebenfalls verringert.

#### Rechts- und linkstraubensaure Salze.

Alle Beziehungen, die in der Gestalt, dem Drehungsvermögen und den chemischen Eigenschaften zwischen der Rechts- und Linkstraubensäure stattfinden, wiederholen sich genau bei den Salzen beider Säuren. Jedem weinsäuren

Salz entspricht ein linkstraubensaures, das sich nur durch die Lage seiner hemiëdrischen Flächen und durch sein Drehungsvermögen von ihm unterscheidet.

### Linkstraubensaures Ammoniak.

Sättigt man Linkstraubensäure durch Ammoniak und überläßt die Flüssigkeit dem freiwilligen Verdampfen (einer heißen Lösung muß man Ammoniak in Ueberschuss hinzusetzen, weil sie Ammoniak verliert und beim Krystallisiren in neutrales und saures Salz zerfällt), so erhält man klare sehr schöne und wenig efflorescirende Krystalle von der Gestalt Fig. 10. Taf. II. Verglichen mit der in Fig. 11 abgebildeten Gestalt des weinsäuren oder rechtstraubensauren Salzes ersieht man, daß sie von dieser nur durch die Lage der hemiëdrischen Flächen  $h$  abweicht. Die Winkel sind gleich, nämlich beim

linkstraubensaures Salz	weinsäuren Salz <sup>1)</sup>
$P : M = 88^\circ 2'$	$= 88^\circ 9'$
$P : b = 127 \ 25$	$= 127 \ 40$
$P : d = 124 \ 47$	$= 124 \ 55$
$h : M = 125 \ 0$	$= 125 \ 0$
$d : d = 110 \ 55$	$= 110 \ 0$
$h_1 : M = 126 \ 20$	$= 126 \ 20$

Beide Salze, das links- und das rechtstraubensaure, sind parallel  $P$  deutlich und leicht spaltbar.

**Chemische Zusammensetzung.** — 0,5 Grm. des krystallisirten linkstraubensauren Ammoniaks gaben 0,482 Kohlen und 0,297 Wasser, wornach es, entsprechend der Formel  $C_4H_2O_3 \cdot NH_4O$ , enthält:

	wogegen d. weinsäure Salz
Kohlenstoff 26,3	26,0
Wasserstoff 6,6	6,5

**Drehungsvermögen.** — 8,9585 Grm. linkstraubensaures Ammoniak wurden in 64,728 Grm. Wasser gelöst. Die Lö-

1) Diese Winkel sind von Hrn. De la Provostaye entlehnt, bis auf die  $h : M$  und  $h_1 : M$ , welche derselbe zu  $145^\circ 14'$  und  $143^\circ 50'$  angibt.

sung hatte bei 18°,2 C. das spec. Gew. 1,057. In einer 50 Centm. langen Röhre bei 17° C. beobachtet, ergab sich für die Uebergangsfarbe die Ablenkung 24° 50 L. Dieselbe Lösung, im Soleil'schen Compensationsapparat beobachtet, gab 10,2 Part. entsprechend 24°,48 L.

Hiernach findet man mittelst der allgemeinen Formel  $[\alpha] = \frac{\alpha}{td}$  das moleculare Drehungsvermögen  $[\alpha] = 38^\circ 195$  für die Uebergangsfarbe, und, wenn man dasselbe mit  $\frac{3}{3}$  multiplicirt, für das entsprechende Vermögen der rothen Farbe  $[\alpha]_r = 29^\circ,29 L$ , übereinstimmend mit Hrn. Biot, der das Drehungsvermögen des neutralen weinsäuren Ammoniaks  $[\alpha]_r = 29^\circ,004$  fand.

In einem Falle bildeten sich bei Hrn. P. unregelmäßige Tetraëder, die, aus der Flüssigkeit genommen, von Innen aus opak wurden, und, obwohl sie deshalb nicht genau gemessen werden konnten, eine andere Form als die gewöhnliche des linkstraubensauren Ammoniaks erkennen ließen. Vermuthlich war dieß ein dimorpher Zustand desselben.

#### Linkstraubensaurer Brechweinstein.

Saures linkstraubensaures Kali wurde mit Antimonoxyd gesättigt und zum Krystallisiren hingestellt. Es bildeten sich klare sehr schöne Krystalle Fig. 13. Taf. II., ganz ähnlich, bis auf die Lage der Flächen *b*, denen des gewöhnlichen Kali-Brechweinstein Fig. 12.

Bei den ersteren liegen die Flächen *b*, wenn man *P* horizontal legt und *g* gegen sich wendet, an der linken Hand. Zuweilen sind die Krystalle homoëdrisch, alle acht octaëdrischen Flächen *b* gleichmäßig ausgebildet. Dann kann man sie nur durch das Drehungs-Phänomen ihrer Lösung von denen der Weinsäure unterscheiden.

*Specifisches Gewicht.* — Dasselbe ergab sich beim weinsäuren Brechweinstein zu 2,5569, beim linkstraubensauren zu 2,4768, beides bestimmt in Terpenthinöl, worin diese Salze unlöslich sind.

Che-



**Chemische Zusammensetzung.** — Sie entspricht genau der von Dumas und Piria für den gewöhnlichen Brechweinstein gegebenen Formel  $C_4H_2O_5 \cdot Sb_2O_3 + C_4H_2O_5 \cdot KO + HO$ . Denn diese Chemiker fanden im

	weinsaurer Salz:				während das linkstraubensaure Salz:
Kohlenstoff	14,3	14,0	14,44	14,42	14,45
Wasserstoff	1,5	1,5	1,49	1,52	1,47

indem Hr. P. aus 2 Grm. linkstraubensauren Brechweinstein 0,265 Wasser und 1,060 Kohlensäure erhielt, was zu den letzteren Zahlen führt:

**Drehvermögen.** — Eine bei  $17^{\circ},5$  gesättigte Lösung des linkstraubensauren Brechweinsteins gab in einer 50 Centim. langen Röhre für die Uebergangsfarbe die Ablenkung  $61^{\circ} L$ . Eine bei  $17^{\circ},2$  gesättigte Lösung des gewöhnlichen Brechweinsteins dagegen  $60^{\circ} R$ .

5 Grm. linkstraubensaurer Brechweinstein in 68,509 Grm. Wasser gelöst, bei  $19^{\circ}$  in einer 50 Centim. langen Röhre beobachtet, gaben für die Uebergangsfarbe  $55^{\circ} 30' L$ . Gewöhnlicher Brechweinstein, unter völlig gleichen Umständen, gab  $55^{\circ} 30' R$ . Das specifische Gewicht dieser beider Lösungen war 1,0447.

Die allgemeine Formel  $[\alpha] = \frac{\alpha}{l \cdot d}$  giebt für den  
 linkstraubensauren Brechweinstein  $[\alpha]_j = 156^{\circ},2 L$   
 weinsaurer Brechweinstein  $[\alpha]_j = 156^{\circ},2 R$ .

#### Linkstraubensaures Antimonoxyd-Ammoniak

Saures linkstraubensaures Ammoniak in Wasser gelöst und mit Antimonoxyd gesättigt, giebt ein Doppelsalz, das mit dem tetraëdrischen linkstraubensauren Kali-Brechweinstein vollkommen isomorph ist.

Wenn man nach Krystallisation des tetraëdrischen Brechweinsteins die Krystalle aus der Mutterlauge nimmt, so liefert dieselbe Krystalle von anderer Form und chemischer Zusammensetzung. Dasselbe findet bei der Lösung des weinsaurer Antimonoxyd-Ammoniaks statt.

Ein Grm. dieses neuen krystallisirten Brechweinsteins lieferte 0,314 Wasser und 0,515 Kohlensäure, entsprechend in 100

Kohlenstoff 14,05

Wasserstoff 3,49.

Die Formel  $C_4H_2O_5(Sb_2O_3 + NH_4O) + 4HO$  erfordert.

Kohlenstoff 13,82

Wasserstoff 3,45.

Die Krystallform dieses Brechweinsteins, der sehr leicht efflorescirt, ist in Fig. 14. Taf. II. abgebildet. Fig. 15 ist die desselben weinsäuren Doppelsalzes. Die Winkel beider sind gleich.

#### Linkstraubensaurer Kalk.

Versetzt man die Lösung eines linkstraubensauren Salzes mit einem Kalksalz, so lagern sich, bei großer Verdünnung der Flüssigkeit, kleine glänzende harte sehr nette Krystalle ab, als gerade rhombische Prismen mit abgestumpften Enden, zuweilen mit vollständig ausgebildeten Octaëdern. In Form, Löslichkeit und übrigen Eigenschaften unterscheiden sie sich durchaus nicht vom weinsäuren Kalk, da die Krystalle immer hemiëdric sind. Dennoch ist gewiss, daß der linkstraubensaure Kalk sehr vom rechtstraubensauren verschieden ist, denn mit diesem gemischt, bildet sich sogleich traubensaurer Kalk, der sich von beiden leicht und wohl unterscheiden läßt.

Die sonderbare Eigenschaft dieser Salze, in Chlorwasserstoffsäure gelöst, ein umgekehrtes Drehungsvermögen wie in wässriger Lösung zu zeigen, wurde schon vorhin S. 141 angeführt.

Beide Salze sind auch dimorph; denn zuweilen schießen sie aufangs in zarten, seidenartigen, divergirend verwachsenen Nadeln an, die am anderen Morgen in isolirte Octaëder übergegangen sind, und, nach einer Analyse, die Zusammensetzung  $C_4H_2O_5.CaO + 4HO$  besitzen, aber

selbst unter dem Mikroskop ihre Form nicht erkennen ließen.

**Zusammensetzung.** — 1 Grm. linkstraubensaurer Kalk lieferte 0,4215 Wasser und 0,544 Kohlensäure. Hiernach enthält dieses Salz (A) und nach einer andern Analyse das in Nadel-Gruppen krystallisirende Salz (B) in 100:

	A.	B.
Kohlenstoff	14,8	15,7
Wasserstoff	4,69	4,7

Dagegen fand Dumas für den weinsauren Kalk, verglichen mit der Formel  $C_4H_2O_5 \cdot CaO + 4HO$ :

	Gefunden:	Formel:
Kohlenstoff	14,6	13,8
Wasserstoff	4,7	4,6.

**Linkstraubensaures Natron-Ammoniak.**

Die Krystallform dieses Salzes ist schon zu Anfange dieser Abhandlung studirt worden. Durch Umkrystallisation gereinigt, hat es ein Drehungsvermögen, welches, an Gröfse, dem des entsprechenden weinsauren Salzes ganz gleich ist.

Eine Lösung von 30,135 Grm. Salz in 60,270 Grm. Wasser, die bei  $15^{\circ},5$  das spec. Gew. 1,1499 besafs, gab, bei  $16^{\circ},5$  in einer 50 Centim. langen Röhre beobachtet, die Ablenkung für die Uebergangsfarbe  $= 49^{\circ},8 L$ .

Die allgemeine Formel  $[\alpha] = \frac{\alpha}{l \varepsilon \delta}$ , worin  $\alpha = 49^{\circ},8$ ,  $l$  = die Röhrenlänge,  $\varepsilon$  der procentische Salzgehalt und  $\delta$  die wahre Dichtigkeit der Lösung ist, giebt

$$[\alpha]_j = 26^{\circ},0 L.$$

**Specifisches Gewicht.** — Dasselbe fand sich dem des rechtstraubensauren Natron-Ammoniaks nahe gleich, nämlich im Mittel gleich 1,576.

**Löslichkeit.** — Gröfse Krystalle von beiden Salzen, dem links- und dem rechtstraubensauren Natron-Ammoniak, wurden in zwei Röhren in Eis gestellt, und mit kaltem Wasser übergossen und dann nach anderthalb Stunden die Lösungen rasch in zwei tarirte Schalen gebracht, und im siedenden

den Wasserbade abgedampft und eingetrocknet, bis die Rückstände nichts mehr verloren, wozu mehr als 20 Stunden erforderlich waren und wobei viel Ammoniak entwich. Dadurch fand sich, daß die bei  $0^{\circ}$  gesättigte Lösung des rechtstraubensauren Doppelsalzes 15,17 Proc. und die des linkstraubensauren 15,13 Proc. enthielt, beide Rückstände getrocknet bei  $100^{\circ}$ .

4,093 des rechtstraubensauren Salzes bei  $100^{\circ}$  getrocknet, verloren 1,070, und 4,032 des linkstraubensauren 1,138, was 28,61 und 28,22 Proc. ausmacht. An krystallisirtem Salz enthielt also die bei  $0^{\circ}$  gesättigte Lösung des rechtstraubensauren 21,25 Proc. und die des linkstraubensauren 21,09.

#### Linkstraubensaures Natron-Kali.

Sättigt man von gleichen Theilen Traubensäure den einen mit Natron, und den andern mit Kali, und läßt die Flüssigkeit krystallisiren, so setzen sich zu gleichen Gewichtstheilen beide Salzarten ab, das links- und das rechtstraubensaure Doppelsalz dieser beiden Basen. Um sich davon zu überzeugen, braucht man nur einen einzelnen Krystall aufzulösen und durch ein Kalksalz zu fällen. Es bildet sich kein traubensaurer Kalk, sondern linkstraubensaurer oder rechtstraubensaurer.

Die Krystalle sind isomorph mit dem vorhin studirten Natron-Ammoniak-Doppelsalz (Fig. 6 und 7 Taf. II.)

Mit isolirter Linkstraubensäure wurde das Natron-Kali-Doppelsalz bereitet und es entstanden linkshemiëdrische Krystalle, die identisch waren mit denen, welche sich ablagern, wenn man, wie eben angegeben, traubensaures Natron-Kali zu bilden versucht. Das linkstraubensaure Doppelsalz ist in Gestalt, Eigenschaft und, was Größe betrifft, im Drehungsvermögen ganz dem Seignettesalz gleich, nur ist es linkshemiëdrisch, und linksdrehend.

Die Krystalle des links- und des rechtstraubensauren Natron-Kalis, die man beim Versuche zur Bildung des traubensauren Doppelsalzes dieser Basen erhält, weichen

von denen, die man mit isolirter Linkstraubensäure und Weinsäure bekommt, darin ab, daß sie immer mit den hemiëdrischen Flächen versehen sind, während diese belezteren, z. B. beim gewöhnlichen Seignettesalz, oft fehlen.

Beim Versuche, das traubensaure Natron-Kali zu bilden, sind die erhaltenen Krystalle oft scheinbar homoëdrisch, weil die hemiëdrischen Flächen sich sowohl an der linken als an der rechten Seite entwickeln. Zuweilen ist auch die Homoëdrie eine wahrhafte, denn einzelne homoëdrische Krystalle geben mit Kalk traubensauren Kalk; allein im Allgemeinen ist die Homoëdrie nur eine scheinbare, wie man dies mittelst Kalksalz oder durch eine sorgfältige Untersuchung der Krystallform erkennt.

#### Traubensaure Salze.

Aus Allem diesem folgt, daß die traubensauren Salze d. h. die Salze, die man als eine Verbindung von links- und rechtstraubensauren betrachten kann, niemals hemiëdrisch vorkommen und die Polarisationssebene des Lichts ablenken können. Und so ist es auch wirklich, namentlich beim traubensauren Kali, traubensauren Natron und traubensauren Antimonoxyd-Kali, die in dieser Beziehung genauer untersucht wurden. Die Krystalle dieser drei Salze sind vollkommen homoëdrisch, und daß ihre Homoëdrie keine versteckte ist, geht daraus hervor, daß der kleinste Krystall von ihnen, aufgelöst und mit einem Kalksalz gefällt, traubensauren Kalk erzeugt.

---

VIII. *Dritte Notiz über neue sonderbare Anwendungen des Verweilens der Eindrücke auf die Netzhaut; von J. Plateau.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus T. XVI des *Bullet. de l'acad. de Bruxelles*. — Die zweite Notiz findet sich in d. Ann. Bd. 79, S. 269.)

Um mittelst des *Fantaskops* oder *Phaenakistikops* den gezeichneten Figuren das Ansehen von Leben und Bewegung zu geben, muß man bekanntlich die rotirende Scheibe dicht vor dem einen Auge halten, das andere schliessen, und, durch die Zone der Oeffnungen hin, das Bild der Scheibe in einem Spiegel betrachten. Diefs Verfahren ist aber unbequem und überdiess zeigt es die ganze Reihe der auf der Oberfläche der Scheibe symmetrisch geordneten Figuren auf einmal und folglich unter verschiedenen Neigungen. Ich will daher eine Abänderung des Apparats beschreiben, mittelst deren die Erscheinung direct, mit beiden Augen, und folglich von mehr als einer Person zugleich beobachtet werden kann. Diese Abänderung, die ausserdem nur die, eine angemessene Stellung einnehmenden Figuren sehen läßt und auch die Täuschung sehr erhöht, beruht auf einer Combination der Verfahrensweisen des Anorthoskops und des Phaenakistikops.

Gehen wir zum ersten dieser Instrumente zurück (Man sehe die zweite Notiz) und denken uns die Geschwindigkeiten beider Scheiben als einander entgegengesetzt. Bezeichnet man dann, wie wir in jener Note gezeigt haben, mit  $V_d$  die Geschwindigkeit der Scheibe, welche die Zerrbilder enthält, und mit  $V_n$  die der schwarzen Scheibe, so ist das Verhältniß zwischen den Winkeldimensionen in der verzerrten und der regelmässigen Figur, gleich  $\frac{V_d}{V_n} + 1$ .

Nun haben wir gezeigt, dafs, wenn das Verhältniß  $\frac{V_d}{V_n}$  keine ganze Zahl ist, das bei einem Umlaufe einer der Spalten erzeugte Bild nicht das Bild deckt, welches bei dem vor-

hergehenden Umlaufe dieser nämlichen Spalte entstanden war. Allein diese Nichtdeckung, welche man beim Anorthoskop nothwendig vermeiden muß, macht dagegen eins der Principe der Täuschung aus, um die es hier sich handelt.

Nehmen wir  $V_d = 1$  und  $V_n = 4$  oder, anders gesagt, denken wir uns, die schwarze Scheibe drehe sich vier Mal schneller als die durchscheinende. Das Verhältniß der Winkeldimensionen wird dann gleich  $\frac{1}{4} + 1$  oder  $\frac{5}{4}$  seyn, folglich die gesammte Winkelbreite der entstellten Figur sich zu der der regelmässigen verhalten wie 5 zu 4. Zeichnen wir die regelmässige Figur in einem Winkel, der  $\frac{1}{10}$  des Umfangs bespannt, was, nach dem obigen Verhältniß zwischen den Winkeldimensionen,  $\frac{1}{16}$  als Maass des von der verzerrten Figur eingenommenen Winkels giebt. Diefs gesetzt, ziehen wir nun auf Papier einen Kreis von gleichem Durchmesser wie die durchscheinende Scheibe und theilen denselben in 20 gleiche Winkel; zeichnen wir alsdann eine regelmässige Figur in einem dieser Winkel, eine zweite in dem folgenden, und sofort bis zur sechszehnten, und richten diese 16 Figuren nach dem Princip des Phae-nakistikops ein, d. h. solchergestalt, daß man, von der ersten zur letzten, stufenweise zu allen Abänderungen in Gestalt und Stellung übergeht, welche die Bewegung zusammensetzen, deren Anschein man hervorbringen will. Theilen wir hierauf die durchscheinende Scheibe in 16 gleiche Winkel, versetzen in jeden derselben eine der obigen Figuren, verzerren sie winkelförmig in dem Verhältniß 4 zu 5 und bringen diese verzerrten Figuren in dieselbe Ordnung wie die regelmässigen, denen sie entsprechen. Endlich schneiden wir in der schwarzen Scheibe vier Spalten aus.

Die beiden also construirten Scheiben befestige man auf ihren Axen und stelle sie dergestalt, daß der Radius, welche einen der mit den Zerrbildern versehenen Winkel halbiren würde, von der Mitte der Scheibe aus nach oben gekehrt sey und eine der Spalten sich vor demselben befinde. Hierauf beleuchte man die durchscheinende Scheibe von der Rückseite stark, stelle sie, wie beim Anorthos-



kop, hinter der schwarzen Scheibe auf und setze den Apparat in Bewegung. Sobald die Spalte, von der ihr gegebene Lage aus,  $\frac{1}{4}$  Umlauf zurückgelegt hat, wird die durchscheinende Scheibe  $\frac{1}{16}$  Umlauf in entgegengesetzter Richtung vollendet haben, und folglich der Radius, welcher den Winkel, der dicht am eben betrachteten liegt, halbiren würde, in der verticalen Stellung angelangt seyn. Allein alsdann wird auch die folgende Spalte in dieser verticalen Stellung befindlich seyn und man sieht, daß dasselbe statthaben wird bei allen Radien, die respective die Mitten der 16 mit Zerrbildern versehenen Winkel einnehmen: im Moment, wo einer dieser Radien durch die vom Centrum der Scheibe nach oben gezogene Verticale geht, trifft er mit einer der Spalten zusammen. Jeder der 16 Winkel mit seinem Zerrbilde wird also seinerseits durch eine der Spalten dergestalt vertrieben seyn, daß die Mitte seines Bildes, vom Centrum aus, nach oben gerichtet ist, und folglich werden sich alle diese Bilder successive an dem nämlichen Orte zeigen. Aber diese Bilder werden im Verhältniß 5:4 zusammengezogen seyn, so daß jede verzerrte Figur ein regelmäßiges Bild in aufrechter Stellung geben wird. Die rasche Folge aller dieser Bilder an einem und demselben Ort erzeugt also, wie beim gewöhnlichen Phaenakistikop, den unausgesetzten Anschein einer Figur, welche die beabsichtigte Bewegung ausführt.

Außer diesem aufrechten Bilde, das aus dem Zusammentreffen der Zerrbilder und Spalten im oberen Theile ihrer Umläufe hervorgeht, entsteht offenbar, wie beim gewöhnlichen Phaenakistikop, auch eine Reihe anderer regelmäßiger Bilder, die in Bezug auf das Centrum der Scheibe symmetrisch geordnet sind. Allein beim vorliegenden Instrument läßt es sich leicht so einrichten, daß das aufrechte Bild, d. h. dasjenige, auf welches die Aufmerksamkeit gerichtet seyn soll, sich alleinig zeige; denn dazu braucht man nur mittelst eines Schirms das Licht der Lampe bis auf den vom aufrechten Bilde eingenommenen Raum aufzufangen. Man stellt diesen Schirm hinter der durchscheinenden

Scheibe auf, ihr möglichst nahe, und parallel ihrer Ebene; endlich bringt man die Lampe so an, daß die Flamme sich der zum Durchlaß des Lichts bestimmten Oeffnung gegenüber befinde, und von derselben 6 bis 7 Centimeter entfernt sey. Die Oeffnung muß die Form eines Trapezes haben, seitwärts durch zwei Radien der Scheibe und oben wie unten durch eine horizontale Gerade begrenzt seyn. Leicht findet man, welche Winkelbreite und Höhe man diesem Ausschnitt zu geben habe. Der Schirm kann von geschwärzter Pappe seyn.

Die Anwendung des Schirmes setzt aber voraus, daß das aufrechte Bild immer genau an derselben Stelle bleibe, was erfordert, daß das Verhältniß der beiden Geschwindigkeiten strenge richtig und durchaus unveränderlich sey. Nun ist es aber fast unmöglich, diese Bedingung durch ein System von Rollen und Schnüren zu erfüllen<sup>1)</sup>. Man muß also ein System von gezahnten Rädern anwenden; ich habe das folgende angewandt.

Die horizontal und in gegenseitiger Verlängerung liegenden Axen, auf welchen die durchscheinende und die schwarze Scheibe mittelst Mütter befestigt sind, lassen zwischen ihren, einander zugewandten Enden, einen gewissen Abstand. Jedes dieser beiden Enden trägt ein Rad mit Zähnen senkrecht auf seiner Ebene und dem Zwischenraume beider Räder zugewandt; diese beiden Räder sind vertical, parallel und um eine selbe Gerade drehbar. Dasjenige, dessen Axe die durchscheinende Scheibe aufnimmt, hat einen Durchmesser von 6 Centimetern; dagegen ist bei dem andern, welches die schwarze Scheibe aufnimmt, der Durchmesser sowie die Anzahl der Zähne viermal geringer. In dem Raume zwischen den beiden Rädern steht ein um sich selbst drehbarer Stahlstift, versehen mit einem Getriebe, das mit seinem oberen Theil in den oberen Theil des großen Rades und mit seinen unteren Theil in den oberen Theil des kleinen Rades eingreift. Versetzt man nun den Stahlstift in Drehung, so drehen sich begreiflich die bei-

1) Man sehe die zweite Notiz.

den Räder und folglich auch die beiden Scheiben in entgegengesetzter Richtung, nur ist die Geschwindigkeit der schwarzen Scheibe die vierfache von der der durchscheinenden. Die beiden Scheiben sind 18 Millimeter von einander entfernt. Der Stahlstift geht bis zum Fuß des Instruments hinab und ist am unteren Ende mit einem zweiten Getriebe versehen, welches in ein anderes verticales Rad greift, und dieses hat eine kleine Handhabe, mittelst welcher man das ganze System in Bewegung setzt.

Der Glascylinder der Lampe muß umgeben seyn von einem im Durchmesser doppelt so großen Blechcylinder mit einem Loch von 7 bis 8 Centim. Höhe und 2,5 Centim. Breite, in der Höhe der Flamme, auf Seite des Apparats. Dieser Blechschornstein muß oben eine Rauchkappe (*fumivore*) haben, damit die Decke des Zimmers nicht beleuchtet werde; auch darf in diesem Zimmer keine andere Lampe oder Kerze angezündet seyn.

Bei meinem Instrumente halten die durchscheinenden Scheiben 27 Centim. im Durchmesser. Die Figuren nehmen eine Zone ein, die zwischen zwei Kreisen von respective 5,5 und 12 Centim. Durchmesser eingeschlossen ist, so daß die Zone eine Breite von 5,5 Centim. besitzt. Da das Papier, um die gehörige Durchsichtigkeit zu haben, dünn seyn muß, und andererseits die Scheiben einen ziemlich großen Durchmesser besitzen, so habe ich, um ihnen mehr Steifigkeit zu geben, den Raum zwischen der inneren Gränze der Zone und dem Centrum mit einer Scheibe Bristol-Papier beklebt und auch jenseits der äußeren Gränze der Zone einen ringförmigen Streifen desselben Papiers angebracht. Die Figuren sind in Aquarell ausgeführt, allein in den dunklen Partien wurde die Farbe auf beide Seiten des Papiers aufgetragen, um die Kraft derselben zu verstärken; aus demselben Grunde wurden die Stellen, die mehr Glanz haben sollten, mit Firnis überzogen. Um das Detail über meinen Apparat zu vervollständigen, füge ich noch hinzu: 1) daß die Schlitzte in der schwarzen Scheibe an dem vom Centrum entferntesten Ende 2 Millim. breit sind und von

da gegen das Centrum schmaler werden, 2) dafs die Oeffnung in dem Schirm 65 Millim. hoch ist, oben eine Breite von 33 Millim. und unten eine von 15 Millim. besitzt, und 3) endlich, dafs dieser Schirm etwa 7 Millim. entfernt von der durchscheinenden Scheibe aufgestellt wird.

Wenn alles beschriebener Maafsen vorgerichtet, und der Apparat in Bewegung gesetzt ist, sieht man, wie zu Anfange dieser Note gesagt, den Effect direct und mit beiden Augen, und obwohl es am zweckmäfsigsten für den Beobachter ist, sich gerade vor dem Bilde aufzustellen, so begreift man, dafs die Erscheinung sich auch noch hinlänglich unter einer kleinen Schiefe zeigt, so dafs zwei oder drei Personen gleichzeitig beobachten können. Ueberdies sieht man blofs ein einziges Bild, nämlich dasjenige, welches die aufrechte Stellung einnimmt. Und da nur dieses Bild allein im ganzen Zimmer erleuchtet ist, so hat es eine bedeutende Helligkeit und man kann somit Licht-Effecte hervorbringen, die man mit dem gewöhnlichen Phaenakistikop unmöglich erlangen kann.

Als Beispiel will ich erwähnen, was einer meiner Apparate leistet. Das Bild stellt einen Teufelskopf vor, welcher sich vorüber neigt, um ein Kohlenfeuer anzublasen, dann sich zurückbiegt, um Athem zu holen, hierauf sich abermals zum Anblasen neigt, und so fort. Man sieht diesen Kopf von vorne; er ist ungefähr 4 Centim. hoch, und befindet sich, wie das Feuer, auf einem dunklen Hintergrund. Wenn er bläfst, schwellen seine Baken an, seine Lippen treten hervor, und, die Stirne runzelnd, richten sich die Augen auf das Feuer; zugleich facht dieses sich an, sprüht und verbreitet ein lebhaftes Licht, welches den Kopf von unten her stark beleuchtet und dagegen die hinteren Theile desselben, welche im Schatten bleiben, sehr verdunkelt. Wenn dann der Kopf sich aufrichtet und Athem schöpft, sinken seine Baken zusammen, er öffnet den Mund, entrunzelt die Stirn und richtet die Augen auf den Zuschauer; allein nun läfst auch das Feuer nach, und verliert an Glanz,

wobei der Kopf, welcher überdies weniger nahe ist, im Halbdunkel erscheint.

Einer unserer grossen Künstler, Hr. Madou, war auf meine Bitte so gut, das Modell des Kopfes für den Moment zu zeichnen, wo er mit der grössten Heftigkeit bläst. Ich übertrug hierauf diese Zeichnung in eine der Abtheilungen der durchscheinenden Scheibe, vergrösserte die Winkeldimensionen in allen ihren Theilen, im Verhältniß 4:5 darauf veränderte ich sie gehörig in den übrigen Abtheilungen, und verwandte die grösste Sorgfalt auf die Ausführung dieser Figuren. Das gewöhnliche Phaenakistikop giebt nur eine sehr unvollkommene Idee von den Effecten, welche man durch Anwendung des ihm zu Grunde liegenden Principis hervorbringen kann, welche aber vollkommen erreichbar sind mittelst des neuen Apparats, der Gegenstand dieser Note ist. Auch hat mein kleiner Kohlenbläser bei Allen, die ihn in Thätigkeit sahen, eine wahrhafte Bewunderung erregt.

Allein man kann noch weiter gehen, wenn man eine Idee benutzt, die mir Hr. Wheatstone mitgetheilt hat, und darin besteht, das Princip des Stereokops mit dem des Phaenakistikops zu vereinigen. Mittelst des von jenem Physiker erfundenen Stereokops scheinen Gegenstände, die auf ebenen Flächen mit bloßen Strichen perspectivisch gezeichnet sind, bekanntlich drei Dimensionen zu haben, in solcher Täuschung, dafs man sich unmöglich derselben erwehren kann. Gesetzt nun, es gelänge durch Combination beider Instrumente, diesen Effect dem des Phaenakistikops hinzuzufügen; alsdann werden Figuren, die einfach auf Papier gezeichnet sind, unwiderstehlich erhoben (*en ronde bosse*) und sich bewegend erscheinen, und somit das vollständige Ansehen von Leben erhalten. Diefs heifst die Täuschung der Kunst auf die höchste Stufe tragen.

Nun ist die in dieser Note beschriebene Abänderung des Phaenakistikops ungemein geeignet, die besagte Combination zu verwirklichen. Bekanntlich erfordert die Darstellung eines Gegenstandes im Stereoskop zwei Zeichnun-

gen, die eine gewisse Relation zu einander haben und seitwärts im Apparate aufgestellt werden. Es genügt also zwei durchscheinende Scheiben zu construiren, deren Figuren die vom Stereoskop verlangte Relation zu einander haben, dann diese Scheiben auf zwei ähnlichen Apparaten wie dem beschriebenen zu befestigen, sie an beiden Seiten des Wheatstone'schen Apparats gehörig anzubringen, und endlich dafür zu sorgen, daß beide Systeme genau einerlei Bewegung erhalten. Diese letztere Bedingung ist leicht zu erfüllen, wenn man die beiden gezahnten Räder, welche zum Drehen der unteren Trillinge der beiden Stahlstifte bestimmt sind, auf einer gemeinschaftlichen mit einer Handhabe versehenen Axe befestigt.

Nur giebt es eine, aber bedeutende Schwierigkeit, die nämlich, die Figuren so zu zeichnen, daß sie genau die vom Stereoskop verlangte Relation besitzen. Indefs könnte man sie überwinden, wenn man ein, auch von Hrn. Wheatstone erfundenes Erfahren anwendete. Um ein Paar von Zeichnungen zu erhalten, welches im Stereoskop die Vorstellung nicht von einer bloßen Perspective in Strichen, sondern von einem Gegenstande mit gewölbten Formen, wie eine Bildsäule, zu geben vermag und zwar mit Schatten und Lichtern, hat Hr. Wheatstone den Gedanken gehabt, mittelst der Photographie auf Papier zwei Bilder des Objects hervorzubringen, während dabei successiv das Daguerreotyp in zwei so verschiedene Stellungen gebracht ist, daß die beiden Bilder die erforderliche Relation zu einander besitzen. Man könnte z. B. die 16 Abänderungen der regelmäßigen Figur, deren Bild man in dem uns beschäftigenden combinirten Apparat erzeugen will, in Gyps modelliren, dann mit dem Daguerreotyp von jedem dieser 16 Modelle ein Paar Zeichnungen aufnehmen, und endlich diese Zeichnungen unter erforderlicher Verzerrung auf zwei Scheiben übertragen. Ohne Zweifel wäre dieß eine etwas lange, und die höchste Sorgfalt erfordernde Arbeit; aber man würde durch die Bewunderungswürdigkeit der Resultate reichlich entschädigt seyn.

**IX. Untersuchung über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektrizität; von HH. H. Fizeau und E. Gounelle.**

(*Compt. rend. T. XXX. p. 437.*)

**Bis** in die neuesten Zeiten sind alle Versuche zur Erkennung der Geschwindigkeit, mit welcher die Elektrizität sich fortpflanzt, vergeblich gewesen. Im Jahre 1834 beschrieb Hr. Wheatstone eine Methode, durch welche er, mittelst eines sehr rasch rotirenden Spiegels, diese Geschwindigkeit veranschaulichen und schätzen konnte<sup>1)</sup>. Nach Hrn. Wheatstone pflanzt sich die Elektrizität in einem Kupferdraht mit der Geschwindigkeit von 460 000 Kilometer in der Sekunde fort, eine Geschwindigkeit anderthalb Mal so groß als die des Lichts. Im Jahre 1849 machte Hr. Walker in Amerika neue Versuche über diesen Gegenstand. Die Versuche wurden unternommen, um die elektrischen Telegraphen zur Bestimmung geographischer Längen-Unterschiede zu benutzen; sie ergaben eine weit geringere Fortpflanzungsgeschwindigkeit als Hr. Wheatstone gefunden hatte, nämlich nur 18700 engl. Meil. oder 30 000 Kilometer, also eine 15 Mal kleinere Zahl als die vorhergenannte. Wiewohl Hr. Walker's Methode mehrfachen Einwürfen ausgesetzt ist, so läßt sich doch nicht unschwer erkennen, daß seine Versuche eine ganz andere Geschwindigkeit ergaben als die von Hrn. Wheatstone.

Die Untersuchungen, die den Gegenstand dieser Abhandlung bilden, beruhen auf einer anderen Methode als die beiden vorhergehenden. Ihr Princip besteht darin, daß man einen Strom gleichzeitig und in sehr kleinen Zwischenzeiten an zwei sehr entfernten Punkten des Leiters unterbricht und die in einem Galvanometer erzeugten Ablenkungen beobachtet; letztere verändern sich mit der Zahl der Unterbrechungen, werden für eine gewisse Zahl ein Maximum und für eine andere ein Minimum.

1) Ann. Bd. 34, S. 464.



Diese Versuche wurden an den Drähten der elektrischen Telegraphen von Paris nach Rouen, und von Paris nach Amiens angestellt. Die beiden Drähte jeder dieser Linien konnten zu Rouen und zu Amiens vereinigt werden, und bildeten sodann Leiter von außerordentlicher Länge, deren Enden in einem und demselben Saale des Ministeriums des Innern ausliefen. Für die Linie nach Amiens betrug die Länge 314 Kilometer, für die nach Rouen 288. Die erste war aus Eisendrähten construiert, die zweite zu einem Drittel etwa aus Eisendraht und zu zwei Dritteln aus Kupferdraht. Diefes war für unsere Untersuchungen ein sehr glücklicher Umstand, indem er uns zu erkennen erlaubte, daß die Geschwindigkeit nicht gleich ist in verschiedenen Leitern.

Die Unterbrechungen wurden auf folgende Weise hervorgebracht. Ein hölzernes Rad von 50 Millimetern hatte auf seinem Umfang 36 gleiche Abtheilungen, abwechselnd 18 von Platin und 18 von Holz; es saß auf der Axe einer Froment'schen Rotationsmaschine, deren Geschwindigkeit ein Zähler zu messen erlaubte. Platinplatten, die paarweise und isolirt von einander angebracht waren, legten sich gegen die Abtheilungen, so daß jedes Paar einen Unterbrecher für sich bildete. Die einen und die anderen konnten so geregelt werden, daß die Unterbrechungen zusammenstimmten oder abwechselten. Der Versuch wurde auf mehrere Weisen eingerichtet. Die beste bestand darin ein Differential- oder Bifilar-Galvanometer und drei Unterbrecher *A*, *B*, *C*, anzuwenden. Diese letzteren sind so eingerichtet, daß *A* mit *B* abwechselt und mit *C* übereinstimmt.

Es sey nun eine Batterie verbunden an dem einen Pole mit der Erde, und an dem anderen mit *A* und darauf mit dem Telegraphendraht. Da die Drähte an dem anderen Ende der Leitung mit einander verknüpft sind, so kommt der Strom in dem anderen Draht zurück; letzterer steht in Verbindung mit *B* und *C*, jedes von diesen mit einem der Galvanometerdrähte und endlich jeder dieser Drähte mit

der Erde. Der Strom kann sich also auf zwei verschiedenen Wegen, die abwechselnd offen und verschlossen sind, zur Erde begeben und, je nachdem der Durchgang durch den einen oder andern geschieht, wird die Magnethnadel in entgegengesetztem Sinne abgelenkt. Während der Rotation des Rades gehen nur discontinuirliche Ströme durch das Galvanometer; allein aus den Versuchen des Hrn. Pouillet ist bekannt, dafs wenn die Unterbrechungen rasch auf einander folgen, die Nadel in derselben Weise wie durch einen stetigen Strom abgelenkt wird. Bei dieser Einrichtung wird die Fortpflanzungsgeschwindigkeit angezeigt durch periodische, den mehr oder weniger grofsen Rotationsgeschwindigkeiten entsprechende, Veränderungen in den Ablenkungen. Allein die Perioden sind nicht ganz ähnlich, die zweite ist weniger markirt als die erste, die dritte ist kaum bemerkbar. Für die Linie nach Amiens erfolgte die erste Periode bei einer Geschwindigkeit von 9 Umläufen in der Sekunde, für die Linie nach Rouen bei einer von 13,58 Umläufen.

Die nach dieser Methode gemachten Versuche führten zu folgenden Schlüssen.

1. In einem Eisendraht von 4 Millimeter Durchmesser pflanzt sich die Elektricität mit einer Geschwindigkeit von 101 710 oder rund 100 000 Kilometer pro Sekunde fort.
2. In einem Kupferdraht von 2,5 Millimeter Durchmesser beträgt diese Geschwindigkeit 177 722 Kilometer oder rund 180 000.
3. Die beiden Elektricitäten pflanzen sich mit gleicher Geschwindigkeit fort.
4. Die Anzahl und die Natur der Elemente, aus denen die Batterie besteht, folglich die Spannung der Elektricität und die Intensität des Stroms, haben keinen Einfluß auf die Geschwindigkeit der Fortpflanzung.
5. In Leitern von verschiedener Natur ist die Geschwindigkeit nicht proportional dem Leitungsvermögen.
6. Wenn discontinuirliche Ströme sich fortpflanzen in einem Leiter, so erleiden sie eine Diffusion, vermöge welcher

sie

sie am Orte der Ankunft einen größeren Raum einnehmen als an dem des Ausgangs.

7. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit scheint sich nicht mit dem Querschnitt der Leiter zu verändern; unsere Versuche lassen uns diesen Satz für sehr wahrscheinlich halten.

8. Wenn dieser Satz richtig ist, so verändert sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit nur mit der Natur der Leiter, und die Zahlen, welche wir gegeben haben, stellen die absoluten Geschwindigkeiten in Eisen und Kupfer dar.

### **X. Ueber die Geschwindigkeit des elektrischen Stroms in einer metallischen Leitung; von O. M. Mitchel,**

Director der Sternwarte zu Cincinnati<sup>1)</sup>.

Die Maschinerie, welche gegenwärtig auf der Sternwarte in Cincinnati zur Verwandlung von Zeit in Raum benutzt wird, liefert durch Aufzeichnung der kleinsten Zeittheile die Mittel zur Ausführung der feinsten Versuche. Die Sternuhr ist so eingerichtet, daß sie ihre Pendelschläge auf eine Metallplatte überträgt, die unter einer aufzeichnenden Stahlfeder von fester Stellung rotirt. Die Scheibe, welche die Metallplatte trägt, rotirt mit gleichförmiger Geschwindigkeit und empfängt, ohne in ihrer Bewegung gestört zu werden, die Stöße der aufzeichnenden Feder. Eine zweite Feder, direct der ersten gegenüber angebracht, steht unter der Controle des Beobachters am Mittagsrohr oder anderen Instrumente, und giebt ihm die Mittel, jede beobachtete Erscheinung mit all der Genauigkeit aufzuzeichnen, mit wel-

1) Aus: *The astronomical Journal*, No. 2, einer neuen von Hrn. B. A. Gould zu Cambridge, in Massachusetts, herausgegebenen Zeitschrift. — Bis auf den außerwesentlichen Schluss ist dieser Aufsatz hier vollständig und möglichst sinngetreu wiedergegeben; etwaige Unverständlichkeiten fallen nur dem Original zur Last.

cher das Auge den Moment des Eintretens derselben erfassen kann.

Vor einigen Monaten, nach Vollendung dieser Maschinerie, richtete sich meine Aufmerksamkeit auf die Geschwindigkeit elektrischer Ströme in Telegraphendrähten und im Erdboden, da dieselbe mit in die Bestimmung von Längen-Unterschieden durch telegraphische Signale eingeschlossen ist.

Am Abend des 12. Novembers (1849) wurde auf der Sternwarte eine Reihe von Versuchen gemacht, um die Geschwindigkeit der Fortpflanzung einer elektrischen Welle in Telegraphendrähten zu bestimmen.

Die zu diesen Versuchen dienende Leitung war folgende. Von der Hauptbatterie in O'Rielly's Telegraphenstation in Cincinnati ging ein Draht zu der eine engl. Meile entfernten Sternwarte und von hier nach Pittsburg; von dort kehrte ein zweiter Draht in die Sternwarte zurück, ging zu einem Elektromagnet (*receiving magnet*) und endete im Erdboden, mit dem auch die Hauptbatterie in Cincinnati verbunden war.

Die Anstellung der Versuche geschah folgendermaßen. Die Sternuhr war so eingerichtet, daß ihr Pendel eine in der Sternwarte befindliche Kette (*local circuit*) schloß, welche auf die Zeitfeder (*time pen*) wirkte und somit die abwechselnden Pendelschläge oder Sekunden auf eine Metallplatte aufzeichnete, die auf der schon beschriebenen Scheibe lag. Diese Vorrichtung blieb im ganzen Laufe der Versuche unverändert, weshalb jene Feder von nun an *Normalfeder* (*standard pen*) heißen mag.

Ein Elektromagnet (*receiving magnet*) dient zum Schließen einer andern örtlichen Kette (an Kraft und Länge der ersteren gleich), die auf die Beobachtungsfeder (*observation pen*) wirkte, und veranlafte, daß sie mit ihrer Spitze in die Metallplatte stieß.

Auf diesen Elektromagnet wirkte, nach Belieben des Beobachters, entweder eine örtliche Kette, welche durch einen metallischen Ansatz der Normalfeder geschlossen

wurde, oder die große nach Pittsburg führende Kette von sechshundert und sieben engl. Meilen Drahtlänge.

Bei diesen Verbindungen wurden, wie zu ersehen, die Pendelschläge direct durch die Normalfeder aufgezeichnet. Sie wurden aber auch aufgezeichnet durch die *veränderliche Feder* (wie ich kurz die zweite nennen will), bewegt von der Normalfeder, die entweder eine kurze örtliche Kette durch den Elektromagnet, oder die lange Pittsburg-Kette durch denselben Elektromagnet schloß, indem dieser Elektromagnet, wie zuvor angegeben, die auf die veränderliche Feder wirkende örtliche Kette schloß.

Wenn die veränderliche Feder durch die kurze örtliche Kette angetrieben wurde, so folgte dem Aufzeichnen der Normalfeder das der veränderlichen Feder innerhalb eines Zeit-Intervalls, welches gleich war der Armatur-Zeit (*armature time*) der Normalfeder, vermehrt um die Armatur-Zeit des Elektromagnets und die Fortpflanzungszeit der Elektricität (*wave time of the fluid*) durch die kurze Kette und den Elektromagnet, welche Zeit natürlich unmerklich war.

Wirkte dagegen die lange Kette auf den Elektromagnet und durch diesen auf die veränderliche Feder, so folgte die letztere der Normalfeder innerhalb eines Zeitraums, der gleich war dem vorhergehenden, vergrößert um die Zeit, welche der elektrische Strom zum Durchlaufen des sechshundert und sieben engl. Meilen langen Drahts gebrauchte.

Dieses ist jedoch nur richtig 1. wenn die Intensität der örtlichen und der langen Kette gleich ist, und 2. wenn die Ajustirung des Elektromagnets constant, und sein Gang (*pass*) auf ein Minimum reducirt ist.

Diese beiden Bedingungen sind erfüllt, sobald die beiden Federn in ihrer Lage zu einander so ajustirt sind, daß zwei von ihnen auf der Scheibe gemachte entsprechende Tüpfel, bei Ruhe der Scheibe, auf einem und demselben Radius liegen. Dann wird der Winkelabstand (*intervall*) zwischen den Tüpfeln (*records*) der beiden, durch eine kurze und eine lange Kette angetriebenen Federn, verrin-

gert um den Abstand zwischen den Tüpfeln, wann die veränderliche Feder durch die kurze Kette angetrieben wird, die Zeit vorstellen, welche die elektrische Welle zum Durchlaufen der sechshundert und sieben engl. Meilen Draht gebraucht.

Ich will nun zeigen, wie wichtig die strenge Erfüllung der drei Bedingungen sey:

1. die Intensität der langen und kurzen Kette, welche durch den Elektromagnet auf die veränderliche Feder wirken, gleich zu machen;
2. den Gang (*pass*) des Elektromagnets auf das Minimum zurückzuführen und ihn unverändert zu halten;
3. die beiden Federn so zu stellen, daß ihre Tüpfel bei ruhender Scheibe genau auf einem Radius liegen.

Um den Einfluß der Intensität und des Ganges zu ermitteln, wurden folgende Versuche angestellt. Nachdem die Verknüpfungen in der zuvor beschriebenen Weise vollzogen worden, wurden von den beiden Federn vier Kreise von Sekunden-Tüpfeln (*second-dots*) unter folgenden Umständen gemacht:

1. ganze Kraft der Batterie, Gang des Elektromagnets ein Minimum;
2. ganze Kraft der Batterie, Gang des Elektromagnets ein Maximum;
3. halbe Kraft, Gang ein Maximum;
4. halbe Kraft, Gang ein Minimum.

Die Zeit zwischen dem Niederstossen der Normalfeder und dem späteren der veränderlichen Feder betrug

	im ersten Fall	0",091 <sup>1)</sup>
-	zweiten	0,2628
-	dritten	0,310
-	vierten	0,104.

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß die Ajustirung des Elektromagnets Veränderungen in den Angaben erzeugt,

- 1) Es ist der Mittelwerth von 10 Versuchen, die einzeln folgende Resultate ergaben: 0",091; 0,092; 0,090; 0,090; 0,091; 0,091; 0,090; 0,092; 0,092; 0,091.

die weit gröfser sind als die Fortpflanzungszeit in der längst möglichen Kette. Und ebenso erhellt, dafs der Einflufs der verschiedenen Intensitäten einen Fehler von solcher Gröfse veranlafst, dafs alle Versuche nutzlos würden, von welchen dieser Einflufs nicht strenge ausgeschlossen wäre.

Es waren nun zwei Schwierigkeiten zu überwinden. Man mufste die Batterien auf Gleichheit reduciren und einen Beweis haben, dafs diese Gleichheit erreicht sey. Um diefs zu erlangen, wurde folgendermaafsen verfahren. Die Henkel (*handles*) der Federn waren elastisch und vibrirten bei jedem Niederstofs derselben. Die Hälfte der Dauer dieser Vibration ist, wie man später sehen wird, die Armatur-Zeit. Nun fand sich die Armatur-Zeit als abhängig von der Intensität der Ströme, die auf den Elektromagnet wirkten. Die Kraft der örtlichen Batterie wurde daher verstärkt oder geschwächt, bis die Armatur-Zeit, wie es die beiden Ketten aufzeichneten, von gleichem Werthe war. Die Feder war so ajustirt, dafs dem ersten Tüpfel immer der zweite oder Vibrations-Tüpfel folgte, welcher bei jeder Aufzeichnung deutlich von der Feder angegeben wurde.

Nach Ueberwindung dieser Schwierigkeit wurden die Federn so ajustirt, dafs sie, auf der ruhenden Scheibe, radial liegende Tüpfel machten. Es ergab sich hiernach, dafs diese Adjustirung in dem gröfsten der aufgezeichneten Kreise bis auf 0',011 unsicher war. Der absolute Raum, auf alle übrigen Kreise übertragen und genau gemessen, gab die erforderliche Berichtigung.

Als alle Vorrichtungen vollendet waren, wurden die örtlichen Verknüpfungen Hrn. Henry Twitchell übergeben, während Hr. Stager, von O'Riellys Telegraphenstation in Cincinnati, die entfernten Verknüpfungen besorgte.

Der Abend war heiter und windstill, warm für die Jahreszeit. Hr. Stager berichtete, die Linie sey in vortrefflichem Stande. Der Gang des Elektromagnets war auf sein Minimum gebracht, und die Stärke der langen und kurzen



Batterie war gleich, wie es die Gleichheit der aufgezeichneten Armatur-Zeiten ergab.

Um 9'58' stießen die Federn zugleich auf die Metallplatte, während die lange Kette auf die veränderliche Feder wirkte. Ich untersuchte die Platte, um zu sehen, ob die Aufzeichnungen gerathen seyen, und fand die Tüpfel in der schönsten, zartesten Weise in das Metall eingeschlagen. Am Schlusse des ersten Kreises von Tüpfeln, welcher genau 60 Sekunden einnahm, wurde das Zeichen zum Wechseln gegeben, und, aufs Wort, die lange Kette aufgehoben und dafür die kurze örtliche Kette eingeschaltet. Dieser Austausch wurde von Hrn. Stager mit solcher Geschicklichkeit ausgeführt, daß nicht eine Sekunde verloren ging.

Auf diese Weise wurden fünf Kreise aufgezeichnet, drei mit der langen und zwei mit der kurzen Kette. Das Ohr konnte zuweilen den Uebergang von der langen zur kurzen Kette mit Schwierigkeit erkennen, allein nach vielen Versuchen fand sich, daß dieß Organ nicht zuverlässig sey. Die Verwandlung von Zeit in Raum auf der Scheibe gab uns jedoch Gelegenheit, die Ablesung der zartesten Zeichen zu einer hohen Vollkommenheit zu bringen.

Hr. Twitchell hat alle Messungen mit dem von mir zum Messen kleiner Winkelräume erfundenen Instrumente ausgeführt. Dasselbe läßt noch 0,001 Zeitsekunde ablesen. Die Scheibe arbeitet während des ganzen Versuchs in der bewundernswürdigsten Weise; die Zeichen lagen radial vom Centrum aus und bewiesen somit die Gleichförmigkeit ihrer Bewegung.

Die Messungen ergaben als Mittel der Zeitintervalle folgende Werthe, nebst ihren Berichtigungen (*B*) wegen nicht-radialer Stellung der Federn:

	<i>B</i> :	Berichtigt:
No. 1 lange Kette ' )	= 0",0568 — 0",0110	= 0",0458
No. 2 kurze - - -	= 0,0399 — 0,0145	= 0,0254

- 1) Für die beiden ersten Mittel giebt auch Hr. M. die Resultate der einzelnen Messungen, 30 an der Zahl, deren extreme Werthe: 0",050 und 0",61 für No. 1 und 0",041 und 0",036 für No. 2 betragen.

B: Berichtigt:

No. 3 lange Kette = 0",0633 — 0",0165 = 0",0468

No. 4 kurze - = 0",0444 — 0",0195 = 0",0249

No. 5 lange - = 0",0682 — 0",0215 = 0",0467

Aus dem Vergleich dieser Werthe ergibt sich die Fortpflanzungszeit im sechshundert und sieben engl. Meilen langen Draht:

Abweichung vom Mittel:

No. 1 — No. 2 = 0",0204 0",00088

No. 1 — No. 4 = 0",0209 0",00038

No. 3 — No. 2 = 0",0214 0",00014

No. 5 — No. 4 = 0",0219 0",00064

No. 5 — No. 2 = 0",0213 0",00002

No. 5 — No. 4 = 0",0218 0",00052

Mittel 0",02128. 0",00043.

Das Mittel giebt eine Geschwindigkeit von 28524 engl. Meilen in der Sekunde <sup>1)</sup>.

### IX Ueber thermo-elektrische Erscheinungen an gleichartigen Metallen; von F. C. Henrici.

Die Erfahrungen über die thermo-elektrischen Erscheinungen an gleichartigen Metallen, welche ich im Folgenden mitzutheilen mir erlaube, sind die Frucht einer langen Beschäftigung mit diesem Gegenstande. Gleich im Beginn derselben habe ich die Nothwendigkeit erkannt, bei allen Versuchen über diese Erscheinungen sehr mäßige Erwärmungen anzuwenden, und nicht nur chemische Veränderungen der Oberfläche, sondern auch Veränderungen im inneren Gefüge der Metalle zu verhüten, welche beide nach meinen Erfahrungen den größten Einfluß auf die zu untersuchende Erscheinung haben und schon bei Temperaturen eintreten

1) Also auch sehr verschieden von den Angaben Wheatstone's, Fizeau's und Walker's, welcher Letzterer übrigens einen Eisendraht benutzte (Steinheil, Astron. Nachr. No. 679), während Hr. Mitchell das Material seines Drahts nicht angiebt. P.

können, die keineswegs sehr hoch zu nennen sind. Deshalb ist es auch nothwendig, die unmittelbare Berührung der zu erwärmenden Metallstücke mit der Wärmequelle zu vermeiden. Durch folgende einfache Einrichtung glaube ich zu einer reinen Darstellung der Erscheinung gelangt zu seyn.

Auf einem mit Leinölnirnis überzogenen Holzstück *A* Fig. 16 Taf. II. werden die Metalle, welche ich am liebsten in Form von Drähten von nicht über 2 Millimeter Dicke oder von schmalen zugespitzten Streifen anwende, vermittelt eines aufzuschraubenden dünnen Holzplättchens *n* befestigt. Die Drähte oder Streifen, welche bei *a* mit dem Galvanometer in Verbindung gebracht werden, sind bei *b* winklich gebogen, und ihre Endflächen *c*, welche ich gewöhnlich auf einer matten Glasplatte abgeschliffen, auch wohl mit frischen Bruchflächen angewendet habe, unter leichter Federung mit einander in Berührung zu bringen und das Ende eines dünnen Messingstreifens *o* aufzulegen, durch welchen die Erwärmung einer beliebigen Stelle des einen Drahts etc. vermittelt wird, indem unter denselben, auch wieder an einer beliebigen Stelle *o*, ein kleines Oelämpchen mit kurzer wohlbegrenzter Flamme (deren Spitze den Streifen nicht berührt) geschoben wird. Eine solche Flamme ist sehr einfach mit den kleinen Nürnberger Dochten in Holzscheibchen, welche zu Nachtlichern gebraucht werden, darzustellen. Hat man nun den völligen Ruhestand der Galvanometernadel, abgewartet, so sieht man dieselbe mehr oder weniger bald nach dem Unterschieben des Lämpchens in eine bequem zu beobachtende langsame Bewegung gerathen und zuletzt bei einer bleibenden Ablenkung zur Ruhe kommen. Bei dieser Einrichtung bedarf man keiner besonders langen Drähte etc.; man kann die erfolgende Wirkung vom ersten Augenblicke an genau beobachten und auch nach Belieben stärkere und schwächere Erwärmungen anwenden. Für die gehörige Reinigung der Drähte etc. ist immer gesorgt worden; es scheint jedoch wesentlich nur auf die Reinheit der Berührungsflächen an-

zukommen. Die Ergebnisse meiner Versuche sind in folgender Tafel zusammengestellt, worin ein von dem erwärmten Ende unmittelbar zum kalten übergelender Strom *positio* genannt ist.

Metalle.	Stromrichtung.	Ausweichung d. Galvanometer- nadel.
1. Kupfer, in Drähten	positiv	3°, 4°
2. Messing, do.	do.	5°, 4°
3. Silber, in Drähten (von gewöhnl. Thalern, kupferhaltig)	positiv	3°, 1°
Dieselben Drähte, beide geglüht	do.	4°, 3½°
4. Silber, in Drähten (von den feinsten hanöverschen Thalern, sehr rein)	negativ	2°, 3°
Dieselben Drähte, beide geglüht	do.	1°, 1°
5. Zinn, in Drähten	positiv	3½°, 2°
6. Kadmium, do.	do.	2°, 1½°
7. Platin, do.	do.	5°, 4°
Dasselbe, do. geglüht	do.	7°, 6°
8. Gold, do.	do.	5°, 5½°
9. Neusilber, do.	do.	6°, 7°
10. Nickel, in Streifen	do.	13°, 14°
11. Zink, do.	negativ	11°, 12°
12. Zink, in Drähten	do.	14°, 16°
13. Eisen, do.	do.	15°, 16°
14. Antimon, in dünnen Stangen	do.	20°, 20°
15. Wismuth, do.	do.	40°, 50°
16. Blei, in Drähten		0°
17. Quecksilber		0°

Zu den beiden letzten Angaben bemerke ich Folgendes. Das Blei wurde in den Drähten von verschiedener Dicke versucht und es wurden glänzende Berührungsflächen durch Abschneiden mit einem scharfen Messer dargestellt; ich konnte keine sichere Spur einer Wirkung erkennen. Das Quecksilber befand sich in einer Rinne *abc* Fig. 17 Taf. II. in Holz, deren halbe Länge *bc* 28 Centimeter be-

trug. Während bei *a* und *b* die Galvanometerdrahtenden eingesenkt waren, wurde neben *c* (einer kleinen Korkscheidewand) eine beliebig zu steigernde Erwärmung des Quecksilbers durch einen mit einem Ende eintauchenden winklich gebogenen und durch eine Weingeistflamme erhitzten Streifen von Eisenblech bewirkt. Bei der Entfernung des Korkstücks *c* habe ich nie eine Spur von Bewegung der Galvanometernadel bemerkt. Ob in dem Versuche von Vorselman de Heer (Ann. Bd. 49, S. 121.), welcher das Gegentheil ergab, alle Fehlerquellen vermieden worden sind, vermag ich nicht zu beurtheilen. Die Schwierigkeit liegt übrigens ohne Zweifel nur in der Herstellung von Berührungsflächen, bei welchen auch nur auf sehr kurze Zeit die Continuität der Masse wirksam unterbrochen wäre. Eine gleiche Schwierigkeit scheint auch das Blei darzubieten.

Um die etwaige Wirkung einer beträchtlichen Ungleichmäßigkeit in der Fortleitung der Wärme innerhalb eines Metallstücks zu untersuchen, habe ich Kupfer- und Eisendrähte durch die Seitenwand eines mit Schnee gefüllten Gefäßes (Fig. 18 Taf. II.) geführt und unmittelbar neben dem Austritt bei *o* erhitzt, aber nicht die geringste Wirkung wahrgenommen. Eine bloße Unregelmäßigkeit in der Fortpflanzung der Wärme innerhalb der Körper kann also nicht die Ursache der in Rede stehenden thermo-elektrischen Erscheinungen seyn.

Für die thermo-elektrischen Erscheinungen bei ungleichartigen Metallen scheint man die Ansicht Becquerel's, daß sie von einem ungleichen Wärmeausstrahlungsvermögen derselben herrühren, allgemein angenommen zu haben. Da es nun kaum wahrscheinlich ist, daß die Ursache der thermo-elektrischen Erregung bei gleichartigen Metallen eine andere als bei ungleichartigen seyn sollte, so fragt sich, was sich zu Gunsten dieser Ansicht im vorliegenden Falle sagen lasse? Ich bemerke zunächst Folgendes.

Melloni hat nachgewiesen <sup>1)</sup>, durch welche geringen Unterschiede in der physischen Beschaffenheit der Metalle

1) Ann. Bd. 45, S. 57; Bd. 53, S. 268.

(Härte, Gefüge etc.) Aenderungen ihres Strahlungsvermögens verursacht werden. Entsprechende Aenderungen erfolgen durch solche Unterschiede auch in der thermo-elektrischen Erregung, was die folgenden Erfahrungen deutlich zeigen.

Die beiden Messingsdrähte No. 2 der obigen Tafel gaben bei abwechselnder Erwärmung ihrer Enden *positive* Ströme mit Ablenkungen von  $4^{\circ}$  und  $5^{\circ}$ ; nachdem sie in einer Weingeistflamme stark ausgeglüht und darauf mit Bimsstein ect. sorgfältig gereinigt worden, erfolgten bei abwechselnder Erwärmung *negative* Ströme mit Ablenkungen von  $1\frac{1}{2}$  und  $3^{\circ}$  <sup>1)</sup>. Hierauf wurden die Enden der Drähte flach gehämmert und wieder gereinigt; bei der Erwärmung des einen Endes erfolgte ein *positiver* Strom von  $3^{\circ}$ , bei der Erwärmung des anderen Endes ein *negativer* Strom von  $5\frac{1}{2}^{\circ}$ . Als hierauf beide Drahtenden aufs Neue geglüht und gereinigt worden, erfolgten bei abwechselnder Erwärmung derselben zuerst *positive* Ablenkungen von  $\frac{1}{4}^{\circ}$  und  $\frac{1}{2}^{\circ}$  und darauf (bei zunehmender Erwärmung) Umsetzung in *negative* Ablenkungen von  $4^{\circ}$  und  $5^{\circ}$ .

Von den Kupferdrähten No. 1 wurde das eine Ende (a) geglüht, das andere (b) nicht. Bei der Erwärmung von a erfolgte eine *positive* Ablenkung von  $4^{\circ}$ , bei der Erwärmung von b eine *negative* von  $1^{\circ}$ , dann umsetzend.

Von den Silberdrähten No. 4 wurde ebenfalls das eine Drahtende (a) geglüht, das andere (b) nicht. Erwärmung von a gab eine *positive* Ablenkung von  $3^{\circ}$  bis  $4^{\circ}$ , Erwärmung von b eine *negative* von  $3^{\circ}$ .

Ferner ist es kaum möglich zwei Drahtenden so homogen zu finden, daß bei Erwärmung ihrer Berührungsstelle nicht eine thermo-elektrische Wirkung zu erkennen wäre. Sogar als die frischen Bruchflächen eines durchbrochenen Kupferdrahts mit einander in Berührung gesetzt wurden, brachte die Erwärmung der Berührungsstelle durch die äu-

1) Geglüht während fortgesetzter Berührung erfolgten, nach eingetretener Erkaltung und *ohne* Reinigung, bei abwechselnder Erwärmung *negative* Ströme von  $20^{\circ}$  bis  $30^{\circ}$  Ablenkung.

fserste Spitze des scharf zugespitzten Messingstreifens eine zwar kleine aber deutliche Ablenkung der Galvanometer-nadel (von ungefähr  $\frac{1}{2}^{\circ}$ ) hervor. So ist es auch leicht, durch mechanische Mittel (z. B. durch einen Schlag mit der Schärfe eines Hammers, durch einen Zangendruck, Feilstrich etc.) eine Drahtstelle so zu verändern, daß eine Erwärmung neben derselben elektrische Ströme hervorruft.

Endlich habe ich Drähte von Kupfer, Messing, Platin, Zink, Neusilber, Eisen, Kadmium an beliebigen Stellen erwärmt und fast ohne Ausnahme Ablenkungen der Galvanometer-nadel, oft von mehreren Graden, bald nach der einen, bald nach der andern Seite erhalten, so daß ich mit der Spitze des Messingstreifens die wirksamen Stellen der Drähte, an welchen ohne Zweifel kleine Verschiedenheiten im inneren Gefüge vorhanden waren, sehr genau ausmitteln konnte. An dünnen Stangen von Antimon und Wismuth sind diese Wirkungen noch viel größer. Wird an einem Eisendraht eine kleine Stelle geglüht, so verhält sich diese wie ein anderes Metall.

Die große Bedeutung der inneren Structur der Metalle macht sich auffallend geltend in der Stärke und Richtung der auftretenden thermo-elektrischen Ströme, alle untersuchten Metalle von ausgebildeterer Structur gaben negative Ströme und größere Ablenkungen als die andern positive Ströme gebenden Metalle.

Melloni bestreitet zwar bekanntlich eine innere Wärmestrahlung der Metalle<sup>1)</sup>; aber seine Erfahrungen können auf die in Rede stehenden Erscheinungen wohl keine Anwendung finden. Man muß es vielmehr für äußerst wahrscheinlich halten, daß im Innern der Körper wenigstens da, wo die Continuität der Masse irgendwie zerstört ist (wie bei Aenderungen im Gefüge), auch eine Störung in der Bewegung der Wärme, d. h. ein Uebergang durch Strahlung, stattfindet. Versucht man nun aber, die Erscheinungen speciell aus dem fraglichen Princip zu erklären, so zeigt sich sofort die Schwierigkeit der Erklärung der negativen

1) Ann. Bd. 65, S. 112.



Ströme. Es dürfte in der That kaum möglich seyn, bei dem jetzigen Zustande unserer Kenntnisse über die Bewegung der Wärme im Innern der Körper diesen Gegenstand befriedigend zu erörtern und namentlich zu der Einsicht zu gelangen, wie aus einer Aenderung in der Bewegung der Wärme eine Elektricitätsentwicklung entspringen könne. Ich dachte einen Augenblick, daß die Annahme einer bei jeder Ausstrahlung zugleich stattfindenden Rückstrahlung ins Innere durch Reflexion an der Fläche, von welcher die Ausstrahlung erfolgt, verbunden mit der Annahme, daß die Richtung der zum Vorschein kommenden elektrischen Ströme von dem Intensitätsverhältniß beider Strahlungen abhängig und der Richtung der überwiegenden entgegengesetzt sey, zum Ziele führen könne; und in der That hätte man dabei den Metallen, welche negative Ströme geben, um diese zu erklären, nur eine gegen die Rückstrahlung überwiegende Ausstrahlung zuzuschreiben. Aber aus dieser Annahme ist die positive Stromrichtung, welche z. B. alle Combinationen von Wismuth mit andern negativen Metallen bei Erwärmung der Berührungsstelle geben, nicht zu erklären.

Für das Princip im Allgemeinen scheinen übrigens auch die sonderbaren Wechsel in der Richtung der elektrischen Ströme zu sprechen, welche man nicht selten bei steigender Erwärmung beobachtet und von welchen vorhin einige Beispiele angeführt wurden. Die auffallendste Erscheinung dieser Art habe ich an zwei Kadmiumdrähten beobachtet. Beide Drahtenden gaben, bei allmählig steigender Erwärmung, anfangs positive Ablenkungen von  $1\frac{1}{2}^{\circ}$  und  $2^{\circ}$ , dann umsetzend negative Ablenkungen von  $4^{\circ}$  und  $4^{\circ}$ , dann wieder umsetzend positive Ablenkungen von  $3^{\circ}$ , und beim Abnehmen fanden sich beide Berührungsflächen völlig glänzend und anscheinend ganz frei von Oxyd.

Schließlich erlaube ich mir noch, auf die constante Wirkung aufmerksam zu machen, welche auf alle von mir untersuchten Metalle das Ausglühen derselben äufsert; sie besteht darin, daß die Metalle durch Ausglühen in der allgemeinen thermo-elektrischen Reihe dem Wismuth näher

gerückt werden. Dieses ergibt sich eigentlich schon aus den bereits angeführten Beispielen, unzweideutiger aber noch aus anderen besonders angestellten Versuchen, bei welchen je zwei gleichartige Drähte, von denen der eine zuvor stark ausgeglüht worden, mit einander combinirt und an der Berührungsstelle erwärmt wurden. *In allen Fällen* war die Stromrichtung vom geglühten zum ungeglühten Drahtende und die Ausweichungen der Galvanometernadel betrug bei Drähten von

Kupfer	3°	Neusilber	6°	Eisen	6°
Silber	3°	Gold	3°	Zink	14°
Messing	4°	Platin	5°		

Dieses Ergebniss ist in sofern auffallend, als man im Sinne der besprochenen Hypothese nach Melloni's Ausstrahlungsversuchen das Gegentheil hätte vermuthen sollen, da man diesen zufolge von einer Dichtigkeitsverminderung, wie sie durch das Glühen eines durch den Drahtzug verdichteten Metalls bewirkt wird, eine Vergrößerung seines Ausstrahlungsvermögens zu erwarten hat, die Richtung der thermo-elektrischen Ströme bei ungleichartigen Metallen aber der Richtung der überwiegenden Wärmeausstrahlung entgegengesetzt ist.

Sehr beachtenswerth bleibt für jede Theorie die Thatsache, daß die Eigenschaft der Metalle, bei der Combination mit gleichartigen positive oder negative Ströme zu geben, von ihrer Stelle in der allgemeinen thermo-elektrischen Reihe völlig unabhängig ist, und daß also aus dem thermo-elektrischen Verhalten der Metalle für sich ihr Verhalten in der Combination mit anderen Metallen nicht gefolgert werden kann; so giebt z. B. Wismuth-Kupfer einen vom Wismuth zum Kupfer gehenden Strom bei Erwärmung der Berührungsstelle, während beide Metalle, jedes für sich, Ströme von entgegengesetzter Richtung geben.

- 1) Das ungeglühte Drahtende war gehämmert, um etwa seine Dichtigkeit dadurch zu vergrößern im Gegensatz zum Glühen. Die obigen Ablenkungen wurden bei Erwärmung der Berührungsstelle durch den Messingstreifen erhalten. Unmittelbare Unterstellung des Lämpchens (ohne Berührung der Drähte mit der Flamme) gab viel größere Ablenkungen.

## XII. Ueber die thermischen Eigenschaften des Turmalins; von Hrn. H. de Senarmont.

(Ann. de chim. et de phys. T. XXXIII. p. 279)

Der Turmalin befindet sich nicht unter den Krystallen des rhomboëdrischen Systems, welche ich in meiner Abhandlung über die Wärme-Leitungsfähigkeit krystallisirter Körper untersucht habe<sup>1)</sup>. Ich konnte mir davon keine hinlänglich homogene Platte verschaffen. Der Querschnitt etwas großer Krystalle zeigt nämlich immer zum wenigsten drei Individuen, die durch dicke Näbte in Form eines dreistrahligten Sterns vereinigt sind.

Seit jener Zeit experimentirte ich mit einer schönen Turmalinplatte von hellem, ins Grüne fallendem Meer-Algen-Blau, die, rechteckig, 32 auf 28 Millimeter hält und 1,75 Millimeter dick ist. Sie ist vollkommen durchsichtig, kaum absorbirend, und wenn man sie in polarisirtem Licht untersucht, indem man sie auf eine parallel der Axe geschnittene Quarzplatte (*Quartz parallèle*) von angemessener Dicke legt, so erweist sie sich vollkommen homogen, bis auf die äußersten Ränder, wo man überdies kleine Flecke (*glaces*) bemerkt.

Bei der durch Schmelzung von Wachs auf dieser Platte hervorgebrachten Ellipse ist das Verhältniß zwischen größtem und kleinstem Durchmesser gleich 1,27 und der letztere ist parallel der krystallographischen Axe.

Der Turmalin, ein repulsiver Krystall, kommt also durch seine thermischen Eigenschaften neben den gleichfalls repulsiven Krystallen, Idokras, Korund und Eisenglanz zu stehen.

## XIII. Kräftige Stahlmagnete; von W. M. Logeman.

Hr. Mechanikus Logeman in Haarlem hat mir kürzlich, als Probe seiner Leistungen, einen von ihm nach Hrn. Elias's Angabe verfertigten Hufeisenmagnet verehrt, der sich durch

1) Ann. de chim. et de phys. Ser. III. T. XXII. p. 179 (Ann. Bd. 75, S. 50).

eine im Vergleich zur Stahlmasse ungemein große Stärke auszeichnet. Derselbe, aus einer einzigen Lamelle bestehend, wiegt nämlich nur 1,09 Pfund preufs. (0,5125 Kilogramm) und besitzt eine constante Tragkraft von 31,5 Pfund preufs. (14,75 Kilogramm), eine Kraft, die mehr als doppelt so groß ist, wie sie von der Haecker'schen Formel  $k=10,33 \sqrt{p^2}$  gefordert wird <sup>1)</sup>).

Zugleich meldete mir Hr. L., daß er im Stande sey, weit größere Magnete von ähnlicher Stärke anzufertigen. Ich wurde dadurch veranlaßt, Hrn. L. um Einsendung seines Preiscourantes zu ersuchen, und da er diesen Wunsch vor einigen Tagen erfüllte, so erlaube ich mir denselben hier zur Kenntniß der Physiker zu bringen.

„Preise der Hufeisenmagnete, nach Hrn. Elias's Angabe verfertigt und zu haben bei W. M. Logeman in Harlem.“

No.	Tragkraft.	Preis.	No.	Tragkraft.	Preis.
1	25	10	5	150	95
2	40	17	6	200	128
3	80	42	7	300	170
4	120	78	8	400	240

„Die Tragkräfte sind in Preufs. Pfunden angegeben, die Preise in Holländ. Gulden, mit Verpackung“.

„Gerade Stäbe aller Art für magnetische Observatorien, von der nämlichen relativen Stärke wie die Hufeisenmagnete, werden zu sehr billigen Preisen verfertigt“.

Wie Hr. L. bemerkt, bestehen die beiden ersten Nummern aus Einer Lamelle, No. 3, 4 und 5 aus drei, und die drei letzten aus fünf Lamellen. Die angegebenen Tragkräfte sind constant, erhalten sich also noch nach wiederholtem Abreißen der Anker.

Poggendorff.

1) Ann. Bd. 57, S. 335. Bei Ankunft in Berlin besaß der Magnet nicht ganz die angegebene Tragkraft, vermuthlich aber nur, weil er beim Auspacken durch einen unglücklichen Fall eine Erschütterung erlitten hatte. Ein Paar Striche mit einem kleinen Elektromagnet ersetzten den Verlust indeß vollständig.

P.